

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN YAPAY SİNİR AĞLARI
YÖNTEMİ İLE ZEMİN PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ EMİR ÇİFTÇİ

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

DANIŞMAN: PROF. DR. ALİ KAHRİMAN

Ekim 2018

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN ZEMİN PARAMETRELERİNE
BAĞLI TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

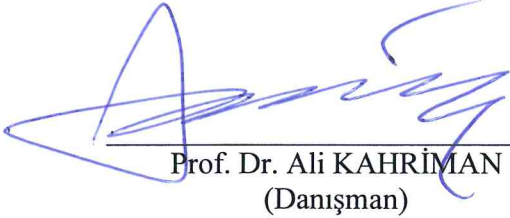
ALİ EMİR ÇİFTÇİ

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Onaylayan:



Prof. Dr. Ali KAHRİMAN
(Danışman)



Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR
(Üye)



Yrd. Doç. Dr. Birol ALAS
(Üye)

Ekim 2018

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince bana verdiği destek ve yardımları için danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali KAHRİMAN' a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmayı değerlendirerek, görüşleriyle kıymetli katkılarda bulunan Jüri Üyeleri; İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e ve İstanbul Okan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç.Dr. Birol ALAS'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarının yapılmasına imkan sağlayan ve bu tezin hazırlanmasında her türlü desteği veren Türk Hava Yolları A.O. İnşaat ve Yapı İşleri Müd. çalışanlarına ve yöneticilerine sonsuz teşekkür ederim.

Gerek saha çalışmaları gerekse tezimin yazılması sırasında her konuda bana yardımcı olan, İstanbul Okan Üniversitesi MYO Öğretim Görevlisi Yüksek Mühendis Sayın Sadettin BAĞDATLI' ya da sonsuz teşekkür ederim.

Ekim, 2018

Ali Emir ÇİFTÇİ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER TABLOSU	vi
I. GİRİŞ.....	1
II. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. PATLATMALI KAZI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	2
2.1.1. Delme ve Patlatmanın Önemi	2
2.1.2. Patlatma İle Parçalanma Mekanizması	5
2.1.3. Patlayıcının Detonasyonu	5
2.2. BİRİM DEFORMASYON (ŞOK) DALGALARININ YAYILMASI	5
2.3. GAZ BASINCININ YAYILIMI.....	6
2.4. KÜTLE TAŞINMASI.....	7
2.5. PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ.....	9
2.6. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR	10
2.6.1. Kaya Fırlaması	12
2.6.2. Toz Emisyonu	13
2.6.3. Yer Sarsıntısı.....	13
2.6.4. Hava Şoku ve Gürültü.....	14
2.7. PATLAYICI MADDE TÜRLERİ	14
2.7.1. Ateşli Patlayıcılar	15
2.7.2. Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar	16
2.7.3. Nitrogliserin Esaslı Dinamitler	16
2.7.4. Amonyum Nitrat Esaslı Dinamitler	17
2.7.5. Jelatin ve Yarı Jelatin Dinamitler	17

2.7.6. Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Tipi Patlayıcılar	17
2.7.7. Patlayabilir Karışımlar	17
2.7.8. Ateşleme Sistemleri	20
2.7.9. Kapsül Sistemleri	20
2.7.10. Fital Sistemleri.....	24
2.8. PATLATMA HASAR KRİTERLERİ	24
2.8.1.-Hasar-Sınıflaması	25
2.8.2. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği.....	26
III. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. YER SARSINTISI-HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ	28
3.2. PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARI VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜMÜ	28
3.3. PARÇACIK HIZI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) KULLANILARAK PARÇACIK HIZI TAHMİN YÖNTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ	33
3.3.1. Yapay Zeka ve Yapay Sinir Ağlarının Kökeni	33
3.3.2. Yapay Sinir Hücresi	34
3.3.3. Nöron Modelleri.....	34
3.3.4. Aktivasyon Fonksiyonu Çeşitleri.....	35
3.3.5.Yapay Sinir Ağı	37
3.3.6. YSA'da Öğrenme ve Hatırlama.....	41
3.3.7. Eğitim ve Test Verisi Seçimi	41
3.4. YAPAY SİNİR AĞLARI İLE PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİM TAHMİNİ	42
IV. BULGULAR.....	44
4.1. BÖLGENİN JEOLJİSİ.....	45
4.1.1. Bölgenin jeolojisi	46

4.2. PATLATMA İLE KAZISI YAPILAN ALANLARDAKİ JEOLJİK BİRİMLER.....	48
4.3. SAHADA GERÇEKLEŞTİRİLEN ZEMİN ETÜT ÇALIŞMALARI	49
4.3.1. Sahada yaptırılan sondaj çalışmaları.....	51
4.3.2. Sahada gerçekleştirilen jeofizik ölçümler	52
4.3.3. Laboratuvar Ortamında Gerçekleştirilen Deneyle.....	53
4.4. PATLATMALI KAZI ÇALIŞMALARI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	55
4.5. PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN ÖLÇÜLMESİ.....	56
4.6. KAYIT EDİLEN TİTREŞİMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	58
4.6.1. İncelemede Kullanılan Kaya Parametreleri	59
Tablo 4.3. Devamı - Sondaj çalışmalarından elde edilen T.E.B. dayanımı değerleri	62
4.6.2. İncelemede Kullanılan Titreşim Değerleri ve Atımlara Ait Parametreler	63
4.6.3. Yapay Sinir Ağı Modeli.....	63
V. SONUÇLAR	72
VI. KAYNAKLAR	74
VII. ÖZGEÇMİŞ.....	78

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 2.1. Patlatıcı kullanılarak yapılan kazıların genel planlaması (Ceylanoğlu ve diğ. 1993).....	3
Şekil 2.2. Patlatma faaliyetlerinde, maliyet ve parçalanma derecesi arasındaki ilişki (Olofsson, 2002). 4	
Şekil 2.3. Detonasyon boyunca gerilme dalgalarının kaya içerisinde yayılımı (Anon, 1986).....	6
Şekil 2.4. Değişik koşullarda kütle taşınmaları (S: Sıkılama, E: Patlayıcı, D: Delik taban payı) (Anonim, 1986).....	8
Şekil 2.5. Parçalanma mekanizması (Anonim, 1986).....	8
Şekil 2.6. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler (Tamrock, 1999).....	12
Şekil 2.7. Patlatma sırasında oluşan kaya fırlaması (Jimeno ve diğ., 1995)	13
Şekil 2.8. Elektrikli kapsüllerin yapısı (Kapsülsan, 1998)	22
Şekil 2.9. NONEL kapsüllerinin yapısı (Nitromak, 2000).....	23
Şekil 2.10. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Normuna Göre Eşik Hasar Limit Değerleri	27
Şekil 3.1. Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme cihazının bileşenleri (Dowding, 1985).....	29
Şekil 3.2. Jeofon içerisindeki algılayıcılar	30
Şekil 3.3. Instantel Minimate Plus marka ölçüm cihazı	30
Şekil 3.4. Yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm noktaları.....	31
Şekil 4.1. Patlatma çalışmaları yapılan bölgenin görünümü.....	44
Şekil 4.2. İstanbul Yeni Havalimanı İnşaat Sahası	45
Şekil 4.3. İnşaat sahasında patlatmalı kazı yapılan bölge.....	46
Şekil 4.4. Ceylan Formasyonu – Çok/Orta Ayrışmış Marn	47
Şekil 4.5. Yeşilimsi Gri – Kırmızı renkli çok ayrışmış zemin karakterde Kiltası – Çamurtaşı.....	48
Şekil 4.6. Jeoloji Haritası – Patlatma Alanları Süperpoze Planı.....	49
Şekil 4.7. Sahada yapılan zemin etüt faaliyetlerini gösteren vaziyet planı	51
Şekil 4.8. Serbest basınç deneyinde gerilme-şekil değiştirme değişimi grafiği	54
Şekil 4.9. Patlatmalı kazı hazırlık çalışmaları.....	56
Şekil 4.10. Patlatmalı kazı titreşim ölçüm çalışmalarına ait görsel	57
Şekil 4.11. Jeolojik yapıdaki değişkenliği gösteren mostra fotoğrafı	58
Şekil 4.13. MATLAB çalışma lanına verilerin girilmesi	65
Şekil 4.14. Verilerin modüle aktarılması ve ağın oluşturulması	66
Şekil 4.15. Ağın eğitim parametreleri	67
Şekil 4.16. Oluşturulan ağın eğitilmesi.....	68
Şekil 4.17. Ağın performans grafiği.....	69
Şekil 4.18. Ağın regresyon grafikleri	69
Şekil 4.19. Test verilerinin ağ üzerinde simülasyonu	70

I. GİRİŞ

Günümüzde inşaat sektöründe patlayıcı kullanımı gittikçe artmaktadır. Daha ekonomik kazı yapılması, teknik verimliliğin artırılması, zamanın daha verimli kullanılması, iş makinalarının kullanımında optimum verim sağlanması ve eşzamanlı olarak birçok yerde kazı yapılabilmesi gibi avantajları sayesinde, inşaat sektöründe patlayıcı kullanımı vazgeçilmez bir konuma gelmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul Yeni Havalimanı inşaatında toprak işleri kapsamında yapılan patlatmalı kazı işlerine ait sahada alınan titreşim ölçümlerinin, söz konusu bölgelere yakın zemin etüt verileri ile olan korelasyonu Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve isabetli titreşim tahmini yapılması amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda, girdi verilerinin çok fazla olması ve hepsinin lineer olmaması gibi sebepler ile regresyon analizi ile çok isabetli sonuçlar alınamayan patlatma kaynaklı titreşim tahmini, son zamanlarda sıklıkla kullanılan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi ile yapılmış ve %93.4'lük korelasyona sahip ağ ile yapılan tahminlerin, araziden elde edilen kayıtlar ile, genel itibariyle uyumluluk gösterdiği anlaşılmıştır.

Uygulama pratikliği açısından ve özellikle istatistiksel analiz konusuna hakim olunmasa dahi temel analizleri yapma açısından sağladığı kolaylıklar değerlendirildiğinde araştırmacılar için faydalı bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

II. GENEL BİLGİLER

2.1. PATLATMALI KAZI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Ülkemizde son yıllarda artan; metro, tünel, baraj, yol, havalimanı ve temel kazısı gibi büyük çaplı inşaat faaliyetlerine paralel olarak inşaat sektöründe patlayıcı kullanımında büyük bir artış gözlenmektedir. Söz konusu inşaat projelerinin gerek büyük ölçekli oluşları, gerekse de süre açısından kısıtlı oluşları dolayısıyla patlayıcı kullanımı ile kazı yapılması vazgeçilmez bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

İnşaat sektöründe patlatmalı kazı yapılmasının avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Daha ekonomik kazı yapılması
- Teknik verimliliğin artırılması
- Zamanın verimli kullanılması
- İş makinalarının optimum kullanılabilmesi
- Eşzamanlı olarak birçok yerde kazı yapılabilmesi
- İnşaat faaliyetlerinin çeşitli başka safhalarında kullanılacak (mühendislik dolgu, beton üretiminde agrega olarak vb.) malzemelerin istenilen boyutta elde edilmesi

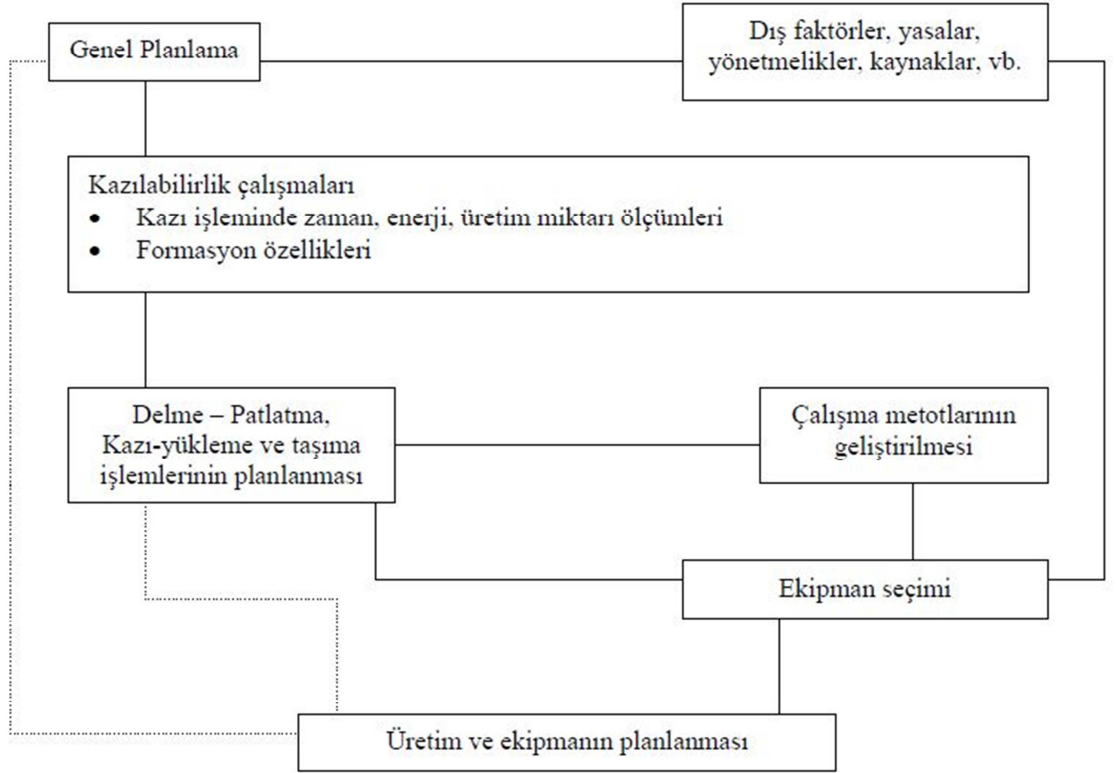
2.1.1. Delme ve Patlatmanın Önemi

Eski çağlardan beri farklı amaçlarla kullanılan patlayıcılar kendine inşaat sektöründe de kullanım alanı bulmuştur. Teknolojideki ilerlemeler ile birlikte delme ekipmanlarındaki gelişme ve patlayıcı maddelerin ucuz ve seri üretilmeye başlanması, delme ve patlatmanın büyük hacim ve ölçekte uygulanmasına olanak sağlamıştır. Delme-patlatma yöntemi ile kazının yaygınlaşması; yüksek standartlı karayolları, baraj, tünel, havalimanı vb. diğer büyük ölçekli inşaat faaliyetleri için yapılan kazılarda büyük kolaylıklar sağlamıştır. Kısacası insan gücü ile yada mekanik makinalarla kazı yapılamadığı durumlarda veya yapılmasının süre açısından verimli ve ekonomik açıdan uygun olmadığı durumlarda delme-patlatma yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Ceylanoğlu ve diğ., 1993).

Patlatmalı kazı teknolojisinin kullanıldığı inşaat projelerinde, gerek planlama gerekse uygulama fazları, diğer konvansiyonel kazı yöntemlerine göre farklı bir boyut almaktadır. Genel olarak patlatmalı kazı faaliyetleri uygulamada aşağıdaki işlemlerden oluşmaktadır. (Kahriman, 2003)

- Deliklerin delinmesi
- Şarj ve patlatma
- Yükleme
- Taşıma
- Kırma-öğütme

Şekil 2.1. 'de de görülebildiği gibi patlatmalı kazı çalışmaları başlamadan önce sahanın jeolojik özellikleri, kazı işleminin yapılması için gereken enerji, üretim miktarı ve gerekli süre hesaplanır. Ardından delme-patlatma, kazı yükleme ve taşıma işlemleri planlanarak gerekli sayıda ve amaca uygun ekip tedariği yapılır. Çalışma süresince atım kayıtları tutularak çalışma metotları devamlı incelenerek geliştirilir.

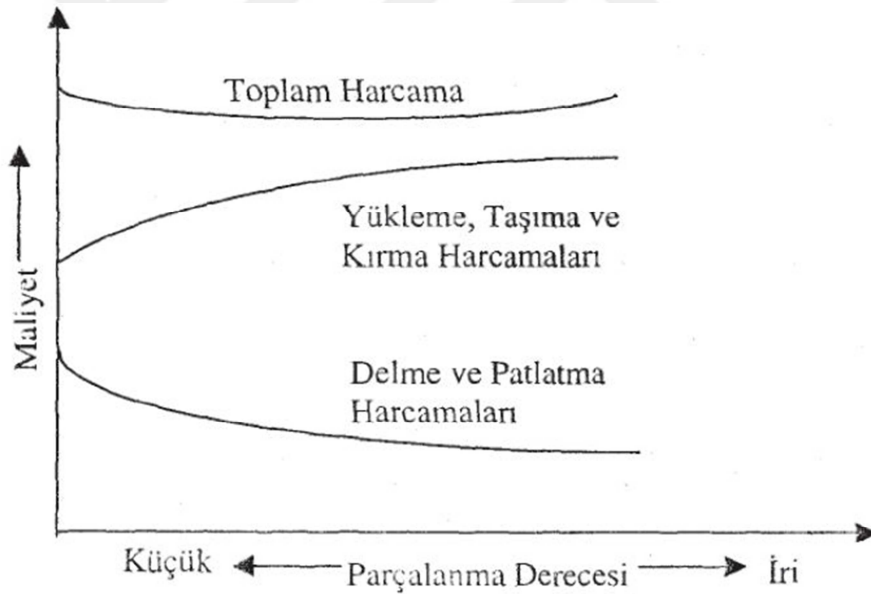


Şekil 2.1. Patlatıcı kullanılarak yapılan kazıların genel planlaması (Ceylanoğlu ve diğ. 1993).

Günümüzde, delme-patlatma yöntemi ile gevşetme veya doğrudan kazı yapılması yöntemi, kayaçların madde-kütlesel özellikleri ve kullanılan teknoloji ile sınırlı olan iş makinesiyle kazı vb. konvansiyonel yöntemlere göre sunduğu maliyet ve zaman avantajı sebebiyle yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. (Ceylanoğlu ve diğ. 1993).

Bu kullanımın önemi, işletme faaliyetlerinin en önemli göstergelerinden biri olan maliyet analizinde ve söz konusu kazı faaliyetlerinin süratli bir şekilde yapılabilmesinde gürmektedir. Patlatma sonrası işlemlerin maliyeti, genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur (Olofsson, 1988) (Şekil 2.2).

Kısaca özetlemek gerekirse; ne kadar verimli bir patlatma yapılırsa, kaya parçalanması istenen malzeme boyutuna ne kadar yakın olursa patlatma sonrasında yükleme, taşıma ve kırma harcamaları o kadar az olur. İri ve küçük parçalanma değerleri arasında; parçacık boyutunun ve yükleme, taşıma ve kırma harcamalarının optimum olduğu bir değer vardır. Parçacık boyutları, bu optimum boyuttan büyük olması veya küçük olması durumunda, toplam harcama artmaktadır. Bunun sebebi az patlatıcı kullanılıp büyük parça boyutu elde edildiğinde, bunları kırmak, taşımak ve yüklemek için ek maliyet çıkacak ve toplam maliyet artacaktır. Çok fazla patlatıcı kullanılıp küçük parça boyutları elde edildiğinde ise patlayıcı maliyetinden ötürü toplam maliyet artacaktır.



Şekil 2.2. Patlatma faaliyetlerinde, maliyet ve parçalanma derecesi arasındaki ilişki (Olofsson, 2002).

Delme-patlatma faaliyetlerinin optimum koşullarda gerçekleştirilmesi halinde; yükleme, taşıma, kırma-öğütme ve hatta sahanın yeniden düzenlenmesi işlemlerindeki maliyetler azalmakta, dolayısıyla işletmelerin toplam giderlerinde pozitif bir gelişme olarak katkıda bulunmaktadır.

2.1.2. Patlatma İle Parçalanma Mekanizması

Patlayıcılar ateşlendiğinde, saniyenin 1000’de biri gibi çok kısa bir sürede girdikleri hidrodinamik reaksiyon sonucunda yüksek basınç ve sıcaklıkta gaz çıkışı meydana gelir.

Ateşleme sonucunda ortaya çıkan bu enerji, patlayıcının içerisinde bulunduğu deliğin cidarına çok ani bir basınç uygular ve balyoz darbesi şeklinde bir etki yapar. Böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan yüksek gaz basıncı kayanın kırılıp parçalanmasına neden olur. (Bilgin, 1986).

Patlatma işlemi sırasında kaya kütesinin parçalanması ile başlayıp kaya parçacıklarının ötelenmesine kadar gerçekleşen olaylar dört temel aşamada incelenmektedir. Bunlar;

- i. Patlayıcının detonasyonu
- ii. Birim deformasyon (Şok) dalgalarının yayılması
- iii. Gaz basıncının yayılması
- iv. Kayanın parçalanarak kütle taşınmasının gerçekleşmesi

2.1.3. Patlayıcının Detonasyonu

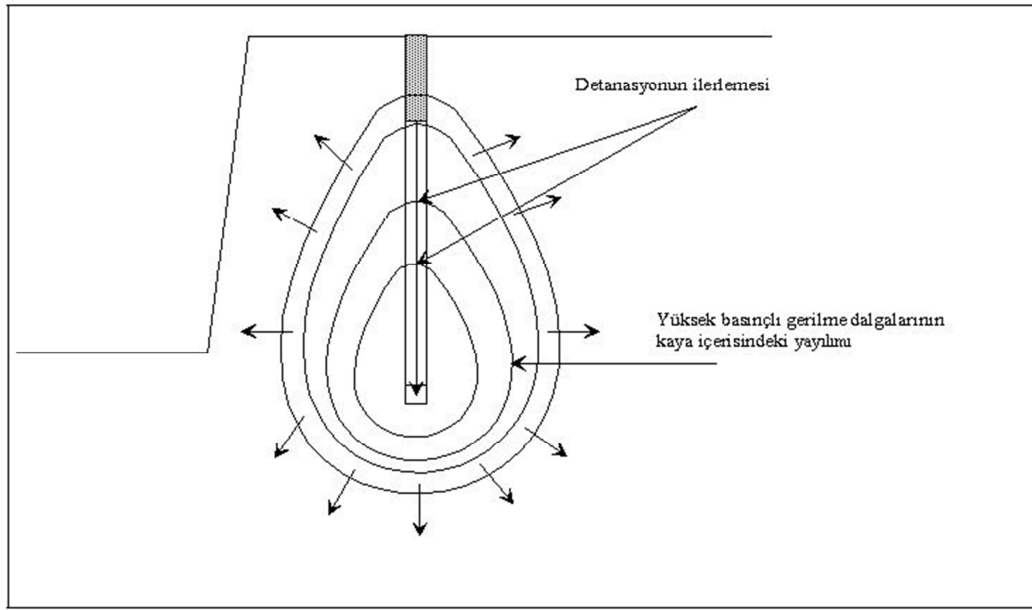
Detonasyon kaya parçalanması işleminin başlangıcıdır. Yakıt ve oksitleyici madde içeren bir patlayıcı karışım detonasyon sonucunda yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazlara dönüşür. Detonasyondaki sıcaklık aralığı yaklaşık olarak 3000 –7000 °F iken basınçlar 9 – 275 Kbar arasındadır (Anon, 1986). Tablo 2.1’de piyasada yaygın kullanılan bazı patlayıcıların detonasyon basınçları karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.1. Bazı patlayıcı maddelerin detonasyon basınçları (Anon, 1986)

Patlayıcı Madde	Yoğunluk	Detonasyon Hızı	Detonasyon Basıncı	
	(gr/cm ³)		(Kbar)	(psi)
ANFO	0.81	3657.6	27	396900
Powermax 420	1.19	5791.2	100	1470000
Hi-Prime	1.40	6096.0	130	1911000
“G” Booster	1.60	7924.8	251	3689700

2.2. BİRİM DEFORMASYON (ŞOK) DALGALARININ YAYILMASI

Detonasyon sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınçlı gazlar delik yüzeyine çarparak birim deformasyon (şok) dalgalarının oluşmasına neden olur, oluşan bu dalgalar kaya kütleleri içerisinde yayılır. Deformasyon (şok) dalgalarının kaya içerisinde yayılım geometrisi, kullanılan patlayıcı şarjının biçimine bağlıdır. Şarjın kısa olması durumunda yayılım küresel, uzun olması durumunda ise yayılım silindirik şekilli olmaktadır. (Anon, 1986). Bununla birlikte basamak patlatmasında deliğe doldurulan patlayıcı maddenin delik tabanından ateşlenmesi durumunda söz konu gerilme dalgalarının yayılımı küresel veya silindirik şekilde olmamaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. - Detonasyon boyunca gerilme dalgalarının kaya içerisinde yayılımı (Anon, 1986)

Detonasyon sonrasında oluşan gazı basıncı, delik yüzeyinde anlık olarak tepe değerine ulaşmakta ardından ise üstel olarak bozulmaktadır. Bu ani bozulma neticesinde delik yüzeyinde oluşan ani boşluk genişlemesi, kayanın çatlamasına, ufalanmasına ve malzemenin yer değiştirmesine sebep olmaktadır. Oluşan dalga enerjisinin en yüksek olması sebebiyle basınç, çekme ve makaslama yenilmeleri delik yüzeyinde meydana gelir. (Anon, 1986).

2.3. GAZ BASINCININ YAYILIMI

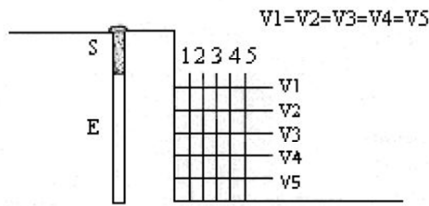
Parçalanma mekanizmasının nasıl gerçekleştiği hakkında farklı görüşler vardır. Araştırmacılar tarafından kabul edilen en yaygın görüş ise patlayıcının ateşlenmesi sonucunda oluşan yüksek sıcaklıktaki basınçlı gazların, kayanın süreksizlikleri arasına

girerek çatlakların ilerlemesinin ana parçalanma prensibi olduğudur. Ayrıca malzemenin yer değiştirmesi de yüksek basınçlı gazlar sayesinde gerçekleşmektedir.

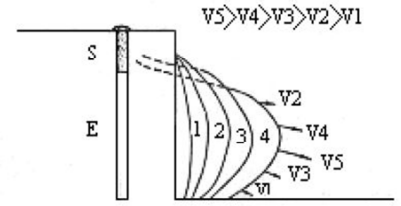
Kaya kütlesi içerisinde yüksek basınçlı bu gazlar öncelikle, mevcut çatlaklar, eklemler, faylar, süreksizliklerin ve düşük kohezyonlu kayaların içerisinde hareket ederler. Söz konusu süreksizliklerden atmosfere gaz kaçışının olduğu durumlarda basınç düşer ve parçalanma ve kütle ötelenmesi tam verimle gerçekleşemez. Gaz basıncının kaya kütlesi içerisinde hapsedilme süresi; patlayıcı türü ve miktarına, kayanın jeolojik özelliklerine, yapısına, çatlak ağlarına, sıkılama malzemesi cinsi ve miktarına ve dilim kalınlığına bağlıdır. Yüksek enerjili patlayıcılar kullanılması ve dilim kalınlığının artırılması gazın kaya kütlesi içerisinde hapsedilme süresini artırmaktadır. (Arpaz, 2000).

2.4. KÜTLE TAŞINMASI

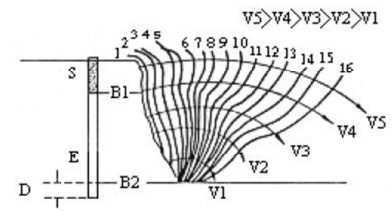
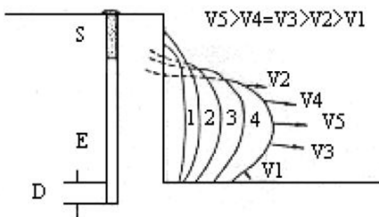
Parçalanma işleminin en son aşaması malzemenin kütle olarak hareketidir. Patlatma neticesinde oluşan ani gaz basıncı sonucunda parçalanma meydana gelmektedir. Ardından parçalanmış malzeme basamak tabanına düşmektedir. Dekik önüne yığılan malzeme miktarı kütle taşınmasının en önemli parametresini oluşturur. Değişik durumlara göre kütle taşınmaları Şekil 2.4 'de verilmiştir.



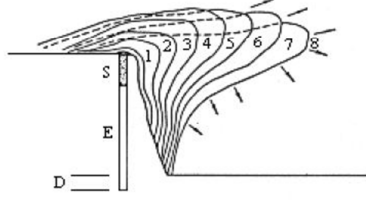
a) Dilim düz dalga şeklinde taşınır.
taşınır.



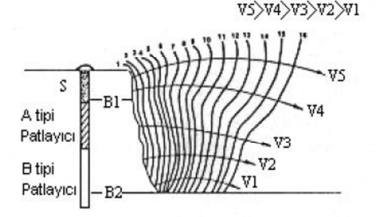
b) Dilim eğimli bir şekilde taşınır.



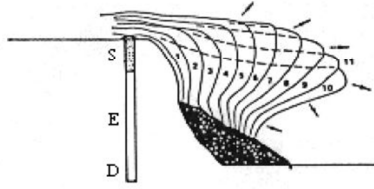
c) Taban dilim yatayla yüksek açı yaparak taşınır. gösterir.



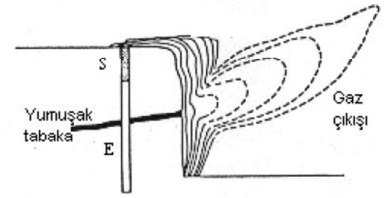
d) Taban dilim küçük taşınımlar



e) Üstteki ince dilim kaya fırlamalarına neden olur. ileriye taşınır.



f) Taban dilim yüksek patlayıcı enerjisinden dolayı daha

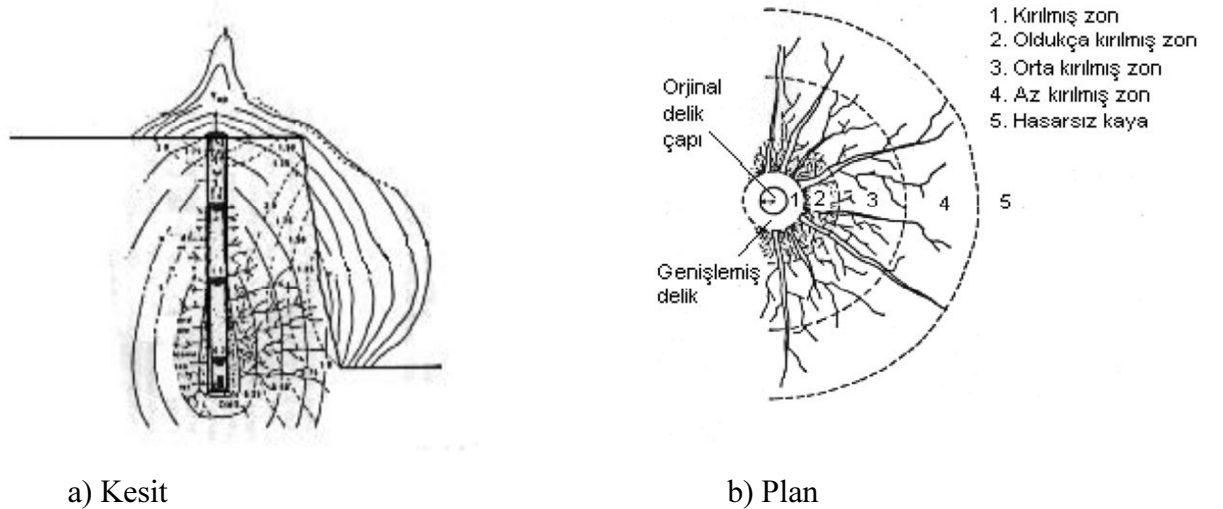


g) Taban taşınımları sınırlı olup üzerine ufalanmış malzeme taşınır. sınırlanır.

h) Patlatma enerjisi yumuşak çıkararak kayanın taşınımı

Şekil 2.4. - Farklı durumlarda kütle taşınmaları (S: Sıkılama, E: Patlayıcı, D: Delik taban payı) (Anonim, 1986)

Delikteki patlayıcının ateşlenmesinin ardından oluşan parçalanma mekanizması kesit ve planı aşağıda Şekil 2.5' te verilmiştir.



Şekil 2.5. - Parçalanma mekanizması (Anonim, 1986)

2.5. PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ

Teknik, maliyet ve güvenlik açısından verimli bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan parametreler uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Bu parametreleri kısaca şu şekilde özetlenebilir. (Dick vd., 1983; Tamrock, 1984; Anonim, 1986; Bilgin, 1986; Olofsson, 1988; Konya ve Walter, 1990; Hoek ve Bray, 1991; Bilgin ve Paşaaahmetoğlu, 1993; Singh, 1993).

i. Kaya birimlerinin malzeme ve kütle özellikleri

- Sismik dalga hızı
- Poisson oranı
- Elastik modülü
- Su durumu
- Sertlik
- Yoğunluk
- Değişkenlik durumu (homojenite, anizotropi ve izotropi)
- Süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi
- Basınç, çekme, darbe dayanımları
- Empedans

ii. Patlayıcı maddenin cinsi, özellikleri ve dağılımı

- Patlama ısısı ve özgül gaz hacmi
- Patlama hızı
- Hassasiyet
- Yoğunluk
- Kudret (güç)
- Dona dayanım
- Depolama şekli ve süresi
- Gaz özellikleri
- Suya dayanım

iii. Patlatma geometrisi

- Delik düzeni
- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi
- Sıkılama payı
- Şarj şekli, delik içi dağılımı
- Delik taban payı
- Atım grubu boyutları

Emniyet sonuçları göz önünde bulundurmadan yapılan patlatma tasarımında arzu edilen ekonomik sonuçlara ve optimum patlatma sonucuna ulaşılsa bile bu tasarımı uygulamak, oluşacak olumsuz çevresel etkiler dolayısıyla mümkün olmayabilir. Bu sebeple optimum patlatma koşulları değerlendirilirken maliyet ve emniyet birlikte ele alınmalıdır.

Patlatma neticesinde elde edilen ortalama blok boyutları ve yüzde dağılımı, patlatmanın parçalanma derecesini belirler. Parçalanmanın derecesi de, iş makineleri tarafından gerçekleştirilen kazı-yükleme verimini doğrudan etkiler. Dolayısıyla patlatma verimliliğinin değerlendirilmesinde en önemli iki kıstas parçalanma derecesi ve iş makinelerinin kazı yükleme performansdır.

Bunun dışında, patlatma sonucunda oluşan yer sarsıntısı ve hava şoku gibi olumsuz çevresel etkileri en aza indirmek, ve aynı zamanda patlatma enerjisinin daha büyük bir bölümünü parçalanma ve ötelenme işlemlerinde kullanılmasını sağlamak amacıyla; patlatma sonuçlarını, çevresel etkileri bakımından değerlendiren ve sınırlandıran çeşitli yönetmelikler ve yasal hükümler de bulunmaktadır.

2.6. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

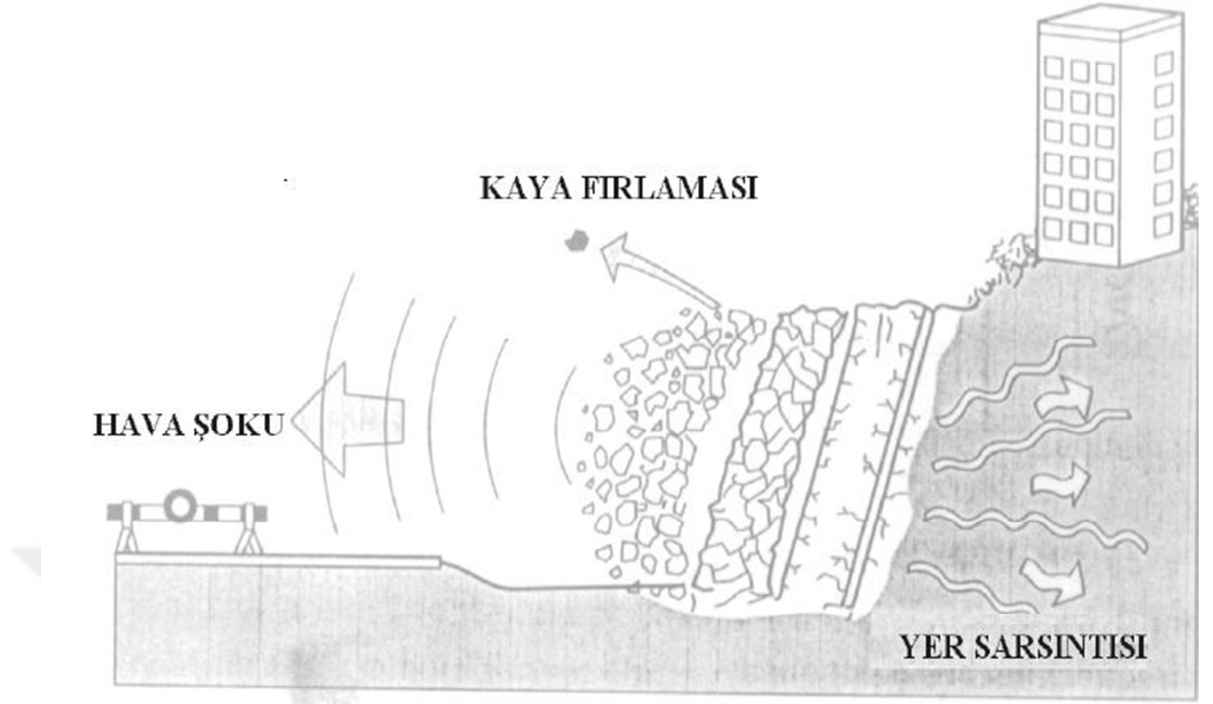
Patlayıcı ile kazı teknolojisinin kullanıldığı çeşitli sektörlerde karşılaşılan en önemli sorunlar; patlatma kaynaklı yer sarsıntıları, fırlayan kayalar ve hava şoklarıdır.

Bir deliğe yerleştirilen patlayıcı, patlatıldığında; basınç (50 GPa'a kadar) ve sıcaklık (5000 K'e kadar) olarak çok büyük miktarda enerji açığa çıkmaktadır.(Hino, 1956; McKenzie, 1990; Cheng ve Huang, 2001). Patlama sonucunda ortaya çıkan enerjinin sadece %20-30'luk kısmı kaya kütesinin parçalanması ve ötelenmesinde kullanılır. Geri kalan enerji ise yer sarsıntısı, gürültü, fırlayan kayalar, geri çatlaklar ve aşırı kırılmalar gibi istenmeyen etkiler olarak boşa gitmektedir (Hagan, 1973).

Dolayısıyla; patlama sonucunda oluşan enerjinin çok küçük bir kısmı faydalı enerji olarak parçalanma ve ötelenme için sönmümlenirken, sönmümlenmeyen kısım ise patlatma kaynağından dışarı doğru sismik dalgalar olarak yayılmakta ve patlatmanın istenmeyen olumsuz çevresel etkilerine sebep olmaktadır. Bu olumsuz etkiler aşağıda özetlenmektedir;

- Kaya Fırlaması
- Toz Emisyonu
- Yer Sarsıntısı (Titreşim)
- Hava Şoku

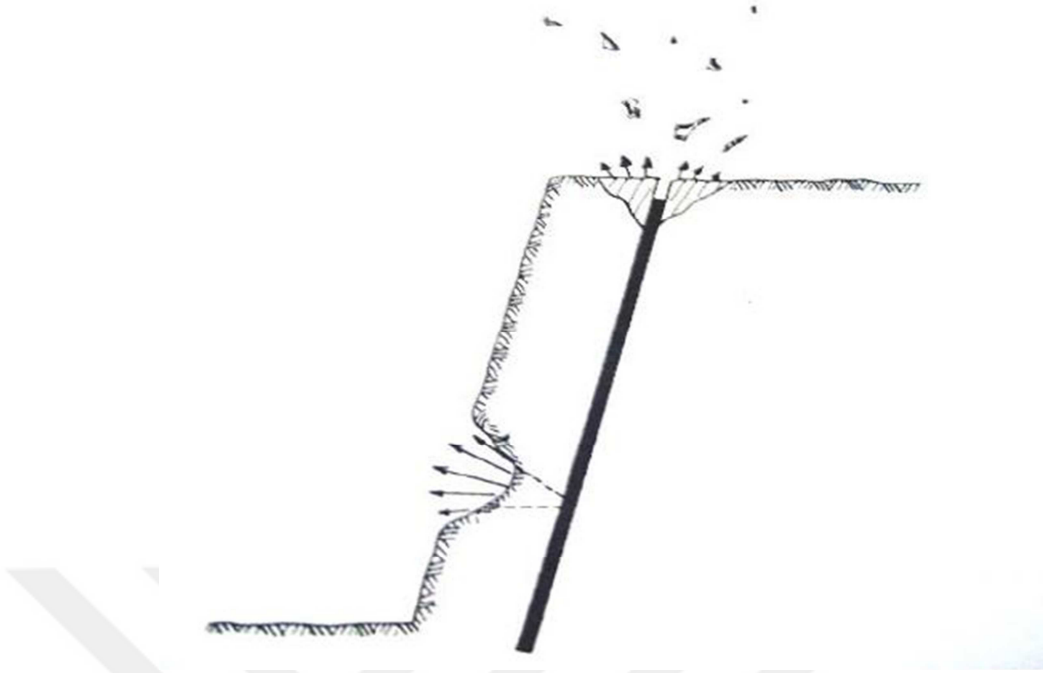
Gerek madencilik faaliyetlerinde, gerekse de metro, havalimanı, baraj gibi büyük çaplı inşaat faaliyetlerinde, patlatma ile kazı yapılması çalışmaları kaçınılmazdır. Söz konusu faaliyet alanlarının ölçeklerinin ve kapasitelerinin fazla oluşu doğal olarak kullanılan patlayıcı madde miktarlarının gün geçtikçe artmasına sebep olmaktadır. Bu tür faaliyetlerin meskun mahallere yakın veya içerisinde olması, patlatma sonucu ortaya çıkan yer sarsıntısı ve hava şoku dolayısıyla çeşitli sorunlara sebep olmaktadır. Bu durum gerek çevre sakinlerinin gerekse de söz konusu patlatma faaliyetinde çalışan kişilerin sağlığını ve güvenliğini tehlike altına sokmaktadır.



Şekil 2.6. - Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler (Tamrock, 1999)

2.6.1. Kaya Fırlaması

Kaya kütlelerinin patlayıcı kullanılarak parçalanmasında birincil olarak ses hızından daha hızlı gerçekleşen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok dalgası en etkili rolü oynamaktadır. İkincil olarak ise, kimyasal reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerinin çok büyük basınçlar ile çatlaklara dolması neticesinde parçalama işlemi tamamlanır ve parçalanmış kütle gevşeyerek ve ötelenir. Patlayıcının kaya içerisinde iyi hapsedilmediği durumlarda, oluşan yüksek basınçlı gaz bulabildiği çatlaklardan atmosfere kaçarak, küçük kaya parçalarının etrafa savrulmasına sebep olur. Savrulan kayalar etrafta çalışan işçiler, makine ve ekipmanlar için ciddi tehlike oluştururlar. (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. - Patlatma kaynaklı kaya fırlamasının oluşumu (Jimeno ve diğ., 1995)

Açık işletmelerde savrulan kayaların yüzlerce metre uzaklıklara kadar fırlayabildiği ve ölümlere sebep olabildiği kayıtlara geçmiştir.

2.6.2. Toz Emisyonu

Patlatma esnasında kayaların parçalanması gerçekleştirildiğinde iç öğütme kaynaklı bir miktar toz emisyonu gerçekleşmektedir. Söz konusu toz oluşumu hem işçi sağlığına hem de makina ve ekipmanların ekonomik ömürlerine olumsuz etkileyen, patlatma kaynaklı olumsuz bir çevresel etkidir.

2.6.3. Yer Sarsıntısı

Patlatma kaynaklı olumsuz çevresel etkilerin en önemlisi yer sarsıntısıdır. Bunun sebebi, hava şoku ve taş savrulmasının daha çok patlatmaya yakın bölgelerde etkin olurken, yer sarsıntılarının patlatma noktasından çok uzaklarda bile hissedilip, yapısal hasarlara sebep olabilmesidir. Patlatma kaynaklı yer sarsıntıları taşıdıkları enerji düzeyiyle doğru orantılı olarak civardaki yapılarda hasar oluşumuna neden olabilirler.

Yer sarsıntılarının enerji düzeyleri aşağıdaki parametreler ile ölçülür;

- parçacık deplasmanı (mm)
- parçacık hızı (mm/sn)
- parçacık ivmesi (mm/sn²)
- dalga frekansı (Hz)

Yer sarsıntılarının taşıdıkları enerji tek başına etraftaki binalara verilen hasarda etkili değildir. Yer sarsıntılarının içerisinde hareket ettiği zeminin özellikleri de söz konusu dalgaların etkisinin daha şiddetli veya hafif hissedilmesinde önemli rol oynamaktadırlar.

2.6.4. Hava Şoku ve Gürültü

Hava şokları patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Hava şokunun oluşumunda patlamanın dışında hava ve arazi koşullarının da etkisi vardır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları insan kulağı tarafından yüksek gürültü olarak duyulabilmektedir ancak düşük frekanslı dalgalar sadece etki ettikleri yapılarda tıkırtı olarak duyulabilmektedirler. Atım noktasından uzaklaştıkça hava şokunun bozulması ve dağılmasıyla gürültü oluşur. Kişisel rahatsızlıklar ve bazı psikolojik şikâyetler gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden bazılarıdır. Hava şok dalgaları, şiddetleri ile doğru orantılı olarak etraftaki yapıların camlarının kırılması gibi bazı yapısal hasarlara yol açabilmektedirler. Hava sıcaklığı, havanın bulutlu oluşu, nem oranı, rüzgarın yönü ve şiddeti gibi atmosferik koşulların, hava şokunun yayılmasında etkili olduğu araştırmacılar tarafından dile getirilmektedir. (Hoek ve Bray,1991).

2.7. PATLAYICI MADDE TÜRLERİ

Günümüzde kullanılan patlayıcılar eskiye nazaran daha güvenli, daha dayanıklı ve daha etkilidir. Klasik dinamitten yakın geçmişte geliştirilen emülsiyon türü patlayıcılara kadar pek çok çeşit patlayıcı mevcuttur. Her patlayıcının kendine özgü bazı özellikleri olup buna uygun kullanım alanları mevcuttur. Uygun patlayıcı kullanılmadığı ya da yanlış kullanıldığı durumlarda maliyet artışı ile tehlikeli ve istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir (Kahraman, 1997).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ticari patlayıcılar şu şekilde sıralanabilir;

- Ateşli Patlayıcılar
- Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar

- Patlayabilir Karışımlar

2.7.1. Ateşli Patlayıcılar

Çok hassas ve patlaması çok kolay olan patlayıcılardır, çoğunlukla başka patlayıcıların ilk ateşlenmesinde kapsül olarak kullanılırlar. Çok hassas olduklarından ateşlenmeleri sonucunda ortaya çıkan şiddetli darbe daha az hassasiyete sahip olan patlayıcı maddeyi patlatır. (Atlas Powder Co., 1987). Kapsül imalatında kullanılan başlıca ateşli patlayıcılar Tablo 2.2' de verilmiştir.



Tablo 2.2. - Başlıca ateşleyici patlayıcılar (Yılmaz, 2010).

Adı	Formül	Kullanışı	Patlatma hızı (m/sn)
Pentaeritrol tetra nitrat	$C_5H_8N_4O_{12}$	Kapsül infilaklı fitil	830°
Kurşun Azit	$Pb(N_3)_2$	Kapsül	-
Civa Tulmanit	$Hg(ONC)_2$	Kapsül	-
RDX		Kapsül	835°

Bu tür patlayıcılar patlama esnasında çok fazla gaz çıkarmadıklarından kendileri patlayıcı olarak kullanılmaz, bunun yerine arattıkları kuvvetli basınç ve sıcaklık sebebiyle dinamitlerin ateşlenmesinde kullanılabilirler . (Yılmaz, 2010).

2.7.2. Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar

Patlatma hızı genellikle 2500–7600 m/sn olan patlayıcılardır, tüm dinamitler bu sınıf patlayıcılara girerler. Bir kapsül kullanılarak oluşturulan ani ve çok şiddetli patlama sonucunda detonasyonları gerçekleşir. Çıkardıkları bol miktarda yüksek basınçlı gaz sayesinde kayayı şok ile parçalayarak ileri doğru kütle taşınmasını gerçekleştirirler.

Yüksek hassasiyetli patlayıcıları kısaca aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

- nitrogliserin esaslı dinamitler
- amonyum nitratlı dinamitler
- jelatin dinamitler
- yarı jelatin dinamitler
- antigrizutin dinamitler

2.7.3. Nitrogliserin Esaslı Dinamitler

Nitrogliserin esaslı patlayıcılara diatomit toprağı karıştırılarak duyarlılıklarının kontrol altına alınabileceğini ilk olarak keşfeden Alfred Nobeldir. Nitrogliserin esaslı patlayıcılar günümüzde hala patlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Zaman içerisinde donma önleyici katkıları, jelatinleştiriciler ve gereğinden fazla kuvvetli patlayıcı üretmeyip maliyet tasarrufu sağlamak adına amonyum nitrat gibi katkılı olanlar da üretilmeye başlanmıştır. Nitrogliserin esaslı patlayıcılar taneli yapıya sahiptirler ve nitrogliserinin yanısıra nitroselüloz ve talaş gibi malzemeler de içerirler. Su direncini

artırmak amacıyla balmumu ile kaplanırlar. Patlayıcı kudretleri içerdikleri nitrogliserin yüzdesi ile ifade edilir.

2.7.4. Amonyum Nitrat Esaslı Dinamitler

Amonyum Nitrat esaslı dinamitlerde nitrogliserin hassaslaştırıcı madde olarak çok az miktarda kullanılır. Asıl enerji kaynağı amonyum ve sodyum nitrattır. Bu tür dinamitlerin suya ıreçleri daha az olup ışık ve şoka karşı daha hassastırlar. Genellikle açık ocak patlatmalarında dip şarj veya yemleme olarak kullanılırlar.

2.7.5. Jelatin ve Yarı Jelatin Dinamitler

Jelatin ve Yarı Jelatin Dinamitlerin tercih nedenleri, yoğunluğunun yüksek olması ve suya dayanıklı yapısı olarak belirtilebilir. Dinamite nitrokoton eklenerek, nitrogliserinle birleşmesi kıvamlı ve yüksek yapışkanlığa sahip bir jel oluşmasına sebep olur. Nitrokoton oranı arttıkça yapışkanlık artar. Suya dayanımı yüksektir.

2.7.6. Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Tipi Patlayıcılar

Emülsiyon tipi patlayıcılar, suya dayanıklı amonyum nitrat esaslı patlayıcı üretebilmek amacı ile icat edilmiştir. Organik ve mineral yağlar suda çözünmediklerinden ötürü özel katkı maddeleri katılarak emülsiyon haline getirilebilirler. İçerik olarak TNT ve Nitrogliserin içermediğinden diğer patlayıcılara kıyasla çok daha güvenlidirler.

2.7.7. Patlayabilir Karışımlar

Açık ocak patlatmalarında ana şarj olarak kullanılan 2 çeşit patlayıcı karışım vardır, bunlar;

- Kuru Patlayıcı Karışımlar (ANFO)
- Sulu Patlayıcı Karışımlar (Slurry, Water gel, Emülsiyon)

Patlayıcı karışımlar tek başlarına başlarına patlayıcı özellikte olmayıp iki veya daha fazla maddenin karıştırılmasıyla elde edilen karışımlardır. Kullanılan maddelerden biri yakıt (fuel) diğeri oksitleyicidir.

Kuru patlayıcı karışımların en sık kullanılan örneği ANFO olarak adlandırılan amonyum nitrat (AN) ve fuel oil (veya mazot) karışımıdır. Nitrik asit ile amonyağın birbiri ile tepkiye girmesi sonucu elde edilen bir organik tuz olan Amonyum Nitrat,

yakıt ile karıştırıldığında patlayıcı bir nitelik kazanır. Suni gübre olarak da kullanılan Amonyum Nitrat, patlayıcı karışım içerisinde oksijen taşıyan (oksitleyici) maddeyi oluşturur. Yakıt olarak Fuel Oil ile fiziksel olarak karıştırılması sonucunda ANFO elde edilir. ANFO ağırlıkça % 94,3 oranında Amonyum Nitrat ve % 5,7 oranında Fuel Oil karıştırılarak imal edilir. ANFO en yüksek enerji verimi ve patlatma hızına yakıt oranı % 5,5 - % 6 değerleri arasında iken ulaşır. ANFO'nun Teknik özellikleri Tablo 2.3' te verilmiştir. ANFO verimli patlatıldığında açık sarı duman ortaya çıkar. Bekleme sonucunda ANFO'nun yakıtının süzülmesi, Amonyum Nitratın suda çözünmesi gibi sebeplerden yakıtın yetersiz kaldığı durumlarda açık kahverengi veya turuncu bir duman verir.

ANFO'dan optimum verimi alabilmek için toz halinde olmasını sağlamak ve doğru oranda mazot ile karıştırmak gerekir. ANFO'nun başarılı kullanılması şarj çapına bağlıdır, ANFO deliklere dökülerek yerleştiriliyor ise şarj çapı delik çapına eşit olacağından optimum verim sağlanır. (Atlas Powder Co., 1987; Jimeno ve diğ., 1995).

Tablo 2.3 'te ANFO'nun teknik özellikleri listelenmiştir.

Tablo 2.3. – ANFO' nun teknik özellikleri (Naapuri, 1990).

Yoğunluk	g/cm ³	0.9
Patlatma Hızı	m/s	2000 – 4000
Gaz Ürün Miktarı	lt/kg	970
Patlatma Isısı	Mj/kg	3.8
Güç/Birim Ağırlık	-	0.9
Güç/Birim Hacim	-	0.7 – 0.8

ANFO'nun verimli patlamasında önemli bir diğer husus şarj yoğunluğudur. Delik dışında yoğunluğu 0,8–0,85 gr/cm³ olan ANFO'nun deliğe basınçlı hava ile püskürtülerek delik içi (şarj) yoğunluğunun 1,2 gr/cm³ artırılması halinde ANFO en yüksek verimle patlar. ANFO doğrudan 8 nolu kapsülle ateşlenemeyeceğinden ateşleme için yem kullanılması gereklidir.

ANFO; kullanım emniyeti ve daha ekonomik oluşu gibi sebeplerden ötürü patlayıcı mühendisliğinde nitrogliserin esaslı dinamit dinamik patlayıcılardan daha yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır.

Tablo 2.4. – Delik çapına bağlı olarak kullanılan ANFO miktarları ve patlatma hızı ve metre başına şarj miktarı (Tamrock, 1984).

Delik Çapı		Patlama Hızı	ANFO Miktarı	
(mm)	(inç)	(m/sn)	(kg/m)	(lb/ft)
38	1 1/2	2100 - 2700	0,9 - 1	0,6 - 0,7
51	2	2600 - 3000	1,6 - 1,9	1,1 - 1,3
76	3	3000 - 3300	3,7 - 4,5	2,5 - 3,0
102	4	3300 - 3600	6,5 - 7,7	4,4 - 5,2
127	5	3500 - 3800	10,3 - 12,2	6,9 - 8,2
152	6	3700 - 3900	19,8 - 23,5	13,2 - 15,8
203	8	3800 - 4000	26,2 - 31	17,6 - 20,8
230	9	3900 - 4100	29,8 - 39,9	20 - 26,8

ANFO kullanımının başlıca dezavantajları şu şekilde özetlenebilir;

- Patlama hızının düşük oluşu
- Düşük yoğunluğu
- Delik doldurma süresinin uzun oluşu
- Suyu dayanıksız olması
- İyi karıştırılmadığı durumlarda verimin düşük olması (Atlas Powder Co., 1987; Jimeno ve diğ., 1995).

ANFO'nun suya dayanıksız olması, sulu ortamlarda kullanılacak alternatiflerin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Sıvı Patlayabilir Karışımlar (Slurry, Watergel, Emülsiyon) bu amaçla ANFO'ya alternatif olarak geliştirilmiştir. Başlıca 3 çeşittirler;

- Çamurumsu Karışımlar (Slurry)
- Yarı-Akışkan Karışımlar (Watergel)
- Krema Tipi Karışımlar (Emülsiyon)

ANFO-TNT oranı ile oynanarak sonsuz çeşitte Çamurumsu (Slurry) patlayıcı karışımı yapmak mümkündür. Su oranı %5 ile %40 arasında değişir, diğer katkıları AN %40-%70, TNT %20-%35 oranlarında olabilir.

Sıvı patlayabilir karışımların yoğunlukları sudan daha fazla olduğundan delik içerisinde dibe çökerek, suyun delikten dışarı atılmasını sağlamakta ve dolayısıyla daha verimli patlatmalar yapılmasını sağlamaktadır. Su dirençleri jelatin dinamitlere denk veya onlardan biraz daha iyidir. Yoğunluğun fazla olmasının bir diğer avantajı da belirli bir çaptaki deliğe daha fazla patlayıcı enerjisi yerleştirilmesine imkan vermesidir. Bu özelliği sayesinde delik aralıkları azaltılarak daha ekonomik bir patlatma yapılması sağlanabilir. En önemli dezavantajları ise ANFO'dan daha pahalı olması ve çok çatlaklı boşluklu kayalarda çatlaklara sızarak maliyeti arttırmasıdır (Atlas Powder Co., 1987, Jimeno ve diğ., 1995).

2.7.8. Ateşleme Sistemleri

Patlayıcıların patlatılabilmesi için şok, tutuşma ve darbe gibi etkilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu fiziksel etkileri gerçekleştiren elemanlar ateşleme elemanları olarak adlandırılırlar. Ateşleme elemanları kapsül sistem ve fitil sistem olarak ikiye ayrılırlar.

2.7.9. Kapsül Sistemleri

Kapsüller, kapsüle duyarlı patlayıcıları patlatmak için gerekli şok etkisini sağlamada kullanılırlar. 5,5-7,5 arasında değişen çaplarda olabilirler, dış metal tüpleri bronz, bakır veya alüminyumdan imal edilir. Gecikmeli ve ani patlama özelliklerine göre farklı boylarda olabilirler. Kapsül altında birincil patlayıcı olarak, kurşun oksit, kurşun stapanat gibi birincil patlayıcılar, birincil patlayıcının altında ise PETN ve RDX gibi ikincil patlayıcılar kullanılan çeşitleri vardır.

2.7.9.1. Adi Kapsüller

Adi kapsüllerin dış tübü alüminyumdan imal edilir, kuru ve gaz olmayan ortamlardaki patlayıcıları patlatmada kullanılırlar. Kapsülü ateşlemek için emniyetli fitil kapsül içerisine yerleştirilerek sıkılır ve ateşlemeye hazır hale getirilir. Adi kapsülün alt kısmında $Pb(N_3)_2$ (kurşun azid) üst kısmında ise RDX bulunur.

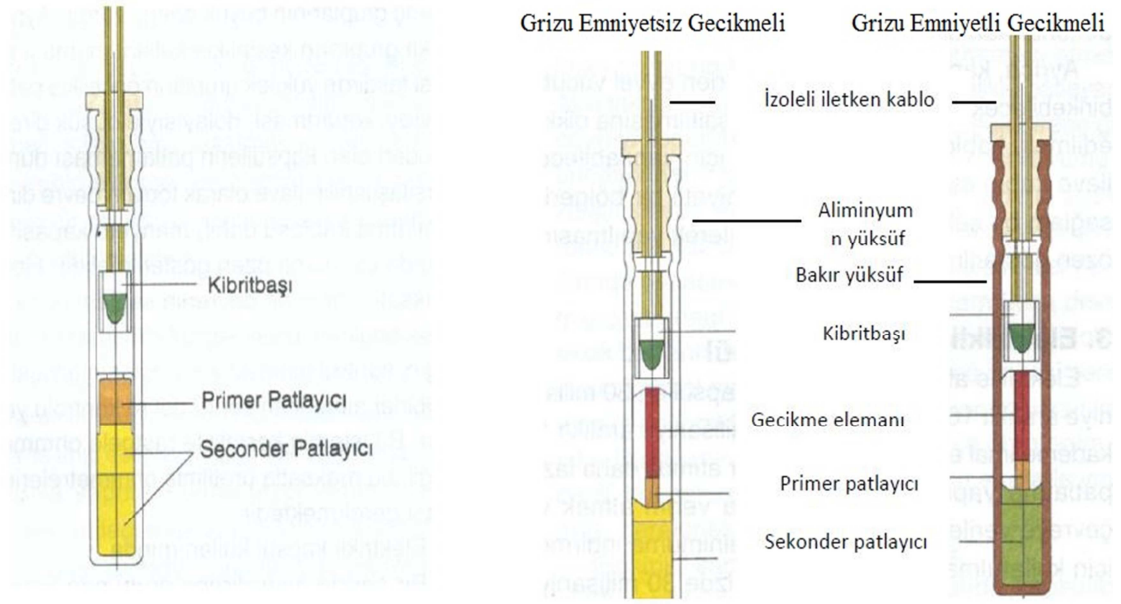
2.7.9.2. Elektrikli Kapsüller

Elektrikli kapsüller çalışma prensibi olarak adi tahrip kapsülleri ile benzer prensibe sahiptirler. Elektrikli kapsüllerde, birincil şarjı patlatmak için fitil yerine elektrik ile ateşlenen kibrit başı kullanılır. Gecikmeli elektrikli kapsüllerde, kibrit başı ile birindil şarj arasında gecikme süresine bağlı olarak değişen boylarda piroteknik gecikme elemanı bulunur. Bu kapsüller birbirlerine seri veya paralel elektrik devrelerinde bağlanabilirler, fakat farklı direnç guruplarında üretilirler. Elektrikli kapsüllerin kullanımında bazı tehlikeler ve riskler vardır. Bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Alpsar, 2004; Orica Nitro, 2011);

- Çok hassastırlar, en küçük darbelerden bile etkilenip patlayabilirler,
- Manyetik alanlardan (radyo dalgaları vb.) ve statik elektrikten (Hava koşulları, salınım elektrik akımları vb.) etkilenerek patlayabilirler,
- Plastik sıkılama tıpası ve patlayıcı şarj makinelerinden etkilenerek patlayabilirler,
- Elektrik akımı tekisi ile patlarlar, farklı direnç gurupları aynı patlatmada patlamayabilir,
- Kıvılcım, çok küçük alternatif ve doğru akım etkisi ile patlayabilirler,
- Şok yanma, şok basınç, şok patlamalarla, infilaklı fitilin patlamasıyla patlar,

8 nolu tahrip kapsülü gücünde üretilen elektrikli kapsüller, kapsüle duyarlı her patlayıcıyı patlatırlar. Elektrikli kapsüllerin avantajları (Wild 1994'den çeviri Kuzu 1998) şu şekilde özetlenebilir;

- Patlatma zamanının ayarlanarak, şarjlı deliklerin farklı zamanlarda patlatılmasına olanak tanırırlar.
- Çok sayıda delik şarjı aynı anda patlatılabilir. Grizu güvenliği sağlamak mümkündür.
- Ateşleme devresi ölçü tekniği açısından ohm metreler kullanılarak test edilebilir, nümerik olarak hesaplanabilir.
- Kontrollü ateşleme sırası verilerek patlatma zamanı hassas olarak belirlenebilir.



Şekil 2.8. - Elektrikli kapsüllerin yapısı (Kapsülsan, 1998)

2.7.9.3. Elektronik Gecikmeli Kapsüller

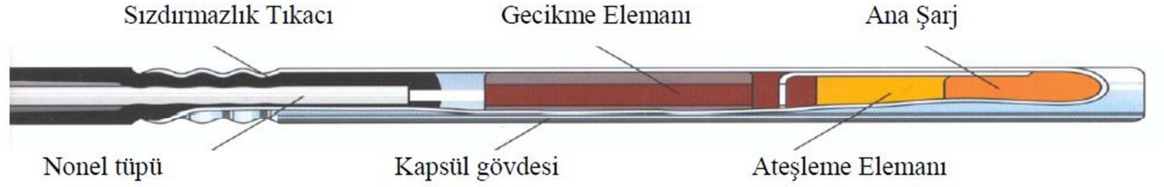
Elektronik gecikmeli kapsüller kapsüllerin avantajlarının en önemlileri patlatma sırasında kesin ve doğru zamanlamaya olanak sağlamasıdır. Elektrikli kapsüller, ateşleme zamanını kontrol etmek ve fitili ateşlemek için gerekli olan voltajı sağlama amacıyla kullanılan kondansatöre ve entegre devre çipine sahiptirler. Elektrikli kapsüllerin zamanlama özellikleri, titreşim ve hava şoku gibi patlamanın olumsuz etkileri azaltmada önemli bir etki sağlamaktadır. Aynı zamanda yapılan gecikmeli patlatma sayesinde daha iyi bir parçalanma sağlamaktadır. Elektronik gecikmeli kapsüller ateşleme sırasını gösteren 1'den 250'ye kadar gecikme periyotları ile numaralandırılırlar. Her kapsül kendi zaman referansına sahiptir.

Bu kapsüllerin bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 0,2 milisaniye zamanlama hassasiyetine sahiptirler.
- Statik elektrik, kaçak akımlar ve manyetik dalgalara karşı güvenlidirler.
- Diğer kapsül çeşitleri göre maliyetleri yüksektir.
- 500 tane kapsül aynı anda bir patlayıcı makinesine bağlanabilir.
- Sağlanabilecek en kısa gecikme zamanı 1 milisaniye, en uzun gecikme ise 5,25 saniyedir. (Blasters' handbook, 2011)

2.7.9.4. Elektriksiz Kapsüller (NONEL)

Elektriksiz kapsüller, içinde birincil patlayıcı barındırmayan düşük enerji tipli iletim hattı olan elektriksiz ateşleme sistemleridir. NONEL tüpleri, hava şartlarına dayanıklı olması ve iyi yapışma özelliğine sahip olması amacıyla özel olarak seçilen plastik maddelerden üretilirler. Plastik tüpün iç kısmı HMX (High Melting Explosive) ve alüminyum karışımından oluşan reaktif bir toz ile kaplanmıştır (Şekil 2.9). Patlatma reaksiyonu, yüksek sıcaklık ve şok dalgasının aynı anda etki etmesiyle başlar. Şok dalgası reaktif madde tozunu ateşlemekte ve ardından yüksek sıcaklıkta ateşleme gerçekleşmektedir. Verimli bir patlatma yapılabilmesi için, ateşlemenin delik tabanından yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.9. - Nonel kapsüllerinin yapısı (Nitromak, 2000)

Kapsül içerisinde ateşlemeyi başlatan eleman çelik tüp içerisindeki PETN'dir. Kapsül gövdesinde bulunan ikincil patlayıcı ise Hexojen ana şarjıdır. Kapsül içerisindeki NONEL tüpünün serbest ucu tıkalıdır ve burada bulunan sızdırmazlık tıkacı, kapsüle su girişini engeller ve tüpü zedelenme ve aşınma gibi fiziksel etkilerden korur.

NONEL tüpleri arasındaki detonasyonu sağlamak için bağlantı blokları ve NONEL tüpü ile infilaklı fitil bağlantısı için mandal kullanılmaktadır. Bağlantı blokları, bağlantı noktalarında NONEL tüpü içerisindeki şok dalgalarını diğer tüpe iletirler. Tüm bağlantı blokları 3mm çapında maksimum beş tüp veya 3,7 mm çapında 4 tüp alabilecek kapasiteye sahiptir.

Bir bağlantı bloğunun parçaları şu şekilde özetlenebilir; kapsül, kapsülden çıkan şarapnelleri engellemeye yarayan plastik blok, su girmesine engel olan plastik tıkaç, bir ucunda kapsül bulunan diğer ucu tıkalı NONEL tüpü, NONEL tüpü halkalarını bir arada tutan demet bandı ve kapsül gecikme süresi ve tüpün uzunluğunun yazılı olduğu etiket.

2.7.10. Fital Sistemleri

Emniyetli Fital

İlk olarak kar barutu ateşlemek amacıyla 1800'lü yıllarda geliştirilmişlerdir. Günümüzde daha çok; küçük atımlar, kaya kesme, şok tüpü veya infilaklı fitil ateşlemeleri için tahrip kapsülleri ile beraber kullanılırlar. Emniyetli fitil, pamuklu bir ip ile desteklenmiş kara barut, barut etrafındaki koruyucu dokuma ve yalıtım malzemesinden oluşmaktadır. Yanma hızı saniyede 100-120 m mertebelerindedir.

İnfilaklı Fital

İnfilaklı fitilin emniyetli fitilden farkı, patlayıcı olarak PEN kullanılmasıdır. İnfilaklı fitil kuvveti, bir metresinde içierdiği patlayıcı miktarı ile ifade edilir. En sık kullanılan değerler; 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 40, 80 gr/m lik kuvvetteki infilaklı fitillerdir. 8 numaralı kapsül infilaklı fitili ateşlemek için yeterlidir. Ateşleme sonrasında infilaklı fitil tutuşarak fitil boyunca 7000m/s hız ile ilerleyerek infilak eder. (Tatiya, 2005)

2.8. PATLATMA HASAR KRİTERLERİ

Yerleşim birimleri yakınlarında yapılan patlatmalı kazılarda, çevresel riskler açısından en önemli risk titreşim olarak ifade edilmektedir. Söz konusu titreşimler, kısa süre içerisinde, şiddetli olarak hissedilir.

Araştırmacılar, patlatma kaynaklı titreşimlerin, çevrede yer alan yapılar üzerinde oluşturduğu etkiler üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, farklı hasar kriterleri oluşturulmaktadır.

Farklı ülkelerde kullanılmakta olan, o ülkenin yapısal özellikleri göz önünde tutularak belirlenen, eşik hasar normları mevcuttur. Bunlardan bazıları USBM (A.B.D), DIN4150 (Almanya), İsveç Normu vb. standartlardır.

2.8.1. Hasar Sınıflaması

Çeşitli ülkelerde belirlenen hasar normları, farklı başarı derecelerine göre uygulanmıştır. Hasar normlarının belirlenmesinde 2 temel üzerinden hareket edilmiştir. Bunlar;

- i. Patlatmalı kazı kaynaklı oluşan çevresel etkilerden, titreşimin ve hava şokunun ölçülerek, elde edilen sonuçların analizi,
- ii. Çeşitli yapısal özelliklere göre, hasar kriterinin tayin edilmesi ve bu özelliklere uygun patlatma analizinin yapılmasıdır.

Bu kriterler açısından değerlendirildiğinde; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, ABD Madencilik Bürosu'nun hasar kriteri (USBM) ve Alman DIN 4150 normu benzerlik ve oluşturma kriterleri olarak benzer yapıya sahiptirler. Bu kriterlerde, oluşması muhtemel etkiler; eşik hasar, hafif hasar ve esaslı hasar olarak adlandırılmaktadır. Hasarlara ait detaylar Tablo 2.5.'te verilmiştir.

Tablo 2.5. Hasar Sınıflaması

Hasar Sınıfı	Hasar Tanımı
Eşik Hasar (Hasar Başlangıcı)	Boya çatlaması ve kabarması, yapı elemanlarının birleşim yerlerinde küçük sıva çatlakları, eski çatlakların uzaması
Hafif Hasar	Sıva kabarmaları ve sıva düşmeleri, taş duvarlarda bölme ve pencerelerde kılcal çatlaklar, saç teli inceliğinden 3 mm. Kalınlığa kadar çatlaklar, gevşemiş harç dökülmeleri.
Esaslı Hasar	Duvarlarda geniş çatlaklar, kemerlerde çatlaklar, yapının taşıyıcı elemanlarının zayıflaması, taş duvarlarda örneğin bacalarda taş, tuğla düşmesi, yük taşıma kabiliyetinde azalma

Hafif hasar, eşik hasardan göreceli olarak daha etkili olmasına rağmen, yapının taşıyıcı sisteminde hasarlara neden olmamaktadır. Bu nedenle, tezin ilerleyen kısımlarında hasar olarak adlandırılan kriter, eşik hasardır.

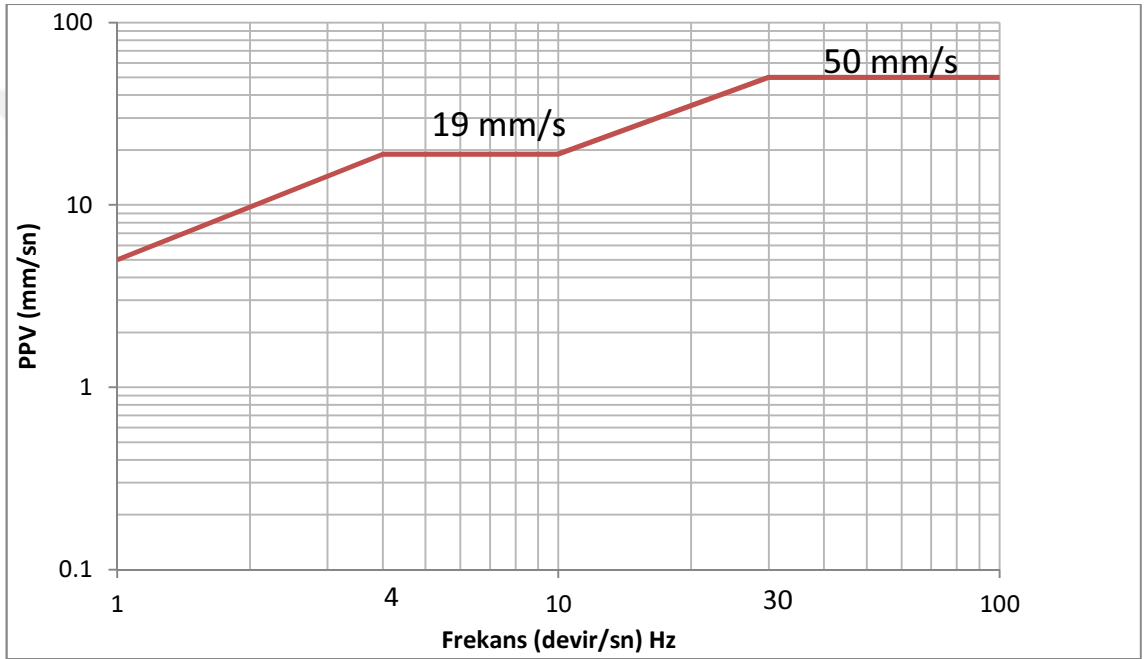
2.8.2. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 04/06/2010 tarihli 27601 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu yönetmeliğin, yerleşim alanları yakınlarında, çeşitli titreşim kaynakları tarafından neden olunabilecek titreşim hasarları sınıflanmıştır.

Maden ve taş ocağı işletmelerinde yapılcak patlatmalı kazılarda oluşacak titreşimlerin, Tablo 2.6.'da verilen limitleri aşmaması gerekmektedir. Ayrıca, bu limitlere göre oluşturulan eşik hasar eğrisi Şekil 2.10.'da verilmiştir.

Tablo 2.6. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50



Şekil 2.10. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Normuna Göre Eşik Hasar Limit Değerleri

III. MATERYAL VE YÖNTEM

Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının oluşum ve gelişiminde kaya kütle ve madde özelliklerinin etkilerini belirleyerek kontrollü patlatma tekniklerine baz olacak yaklaşımların geliştirilmesi amacıyla sürdürülen bu çalışmada, patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının oluşum ve gelişimi üzerinde etkisi olabilecek tüm etkiler (kaya kütle ve madde özellikleri, iklim koşulları, her bir atımdaki patlatma geometrisi, uygulama büyüklükleri, atım sonrası oluşan yığın özellikleri vs.) belirlenmeye çalışılmıştır. Patlatma kaynaklı etkiler sarsıntı ölçer ile kaydedilmiş, patlatma sahası civarındaki yeraltı jeolojik yapısı geleneksel Zemin etüt çalışmaları yanında elektrik öz direnç, sismik kırılma tomografi ve PS-LOG gibi jeofizik yöntemlerle belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1. YER SARSINTISI-HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Patlatıcı mühendisliğinde, yer sarsıntılarının uluslararası standartlarda izin verilen aralıklarda kaldığının kontrol edilmesi ve patlatma öncesi tahmin edilen yer hareketlerinin doğrulanması amacıyla patlatma sırasında yer sarsıntısı ölçümleri alınmaktadır. Kullanılan ölçüm cihazlarının özelliklerinin ölçüm sonuçlarını etkilemesi sebebiyle sahada ölçüm yapılan özel durumlara ait doğru sonuçları elde etmek için yer sarsıntısı ölçüm cihazları seçilirken göz önünde bulundurulması gereken hususlar bilinmesi önem arz etmektedir (Srbulov, 2010).

Ölçüm cihazının önemli bir parçası, bir elektrik sinyali ya da ışık demetini parçacık hareketinin genliğine dönüştüren çeviricisidir. Çeviricilerin performansı ile ilişkili temel özellikler; duyarlılığı, frekans aralığı, çözünürlüğü, faz kayması, çapraz eksen ya da enine ölçüm hassasiyeti, kalibrasyonu, çevresel duyarlılığı, ağırlığı ve büyüklüğüdür (Dowding, 2000).

3.2. PATLATMA KAYNAKLI YER SARSINTILARI VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜMÜ

Patlatma kaynaklı yer sarsıntıları ve hava şoku ölçümü için değişik firmalar tarafından geliştirilmiş, ölçüm teknolojisi ve çalışma prensibi olarak birbirinden çok da farklı olmayan birçok izleme sistemi bulunmaktadır. Bu cihazların sunduğu en önemli farklılıklar kullanım kolaylığı ve patlatma sonrası elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullandıkları yazılımlardan kaynaklanmaktadır. Piyasada yaygın olarak kullanılan yer sarsıntısı ve hava şoku cihazları 6 temel bileşenden oluşurlar. Bu bileşenler kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilirler. (Şekil 3.1) (Dowding, 1985; ISRM, 1992).

i. **Jeofon:** Parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey) (Şekil 3.1) zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için

ii. **Mikrofon:** Hava şoku ve gürültü değerlerini zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için

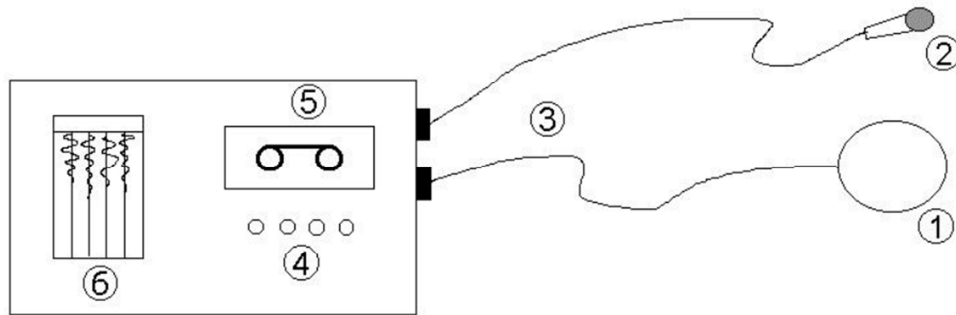
iii. **Bağlantı kabloları:** Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükselticiye iletmek için

iv. **Yükseltici ve sinyal düzenleyici:** Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükseltmek ve analog verileri sayısal verilere çevirmek için

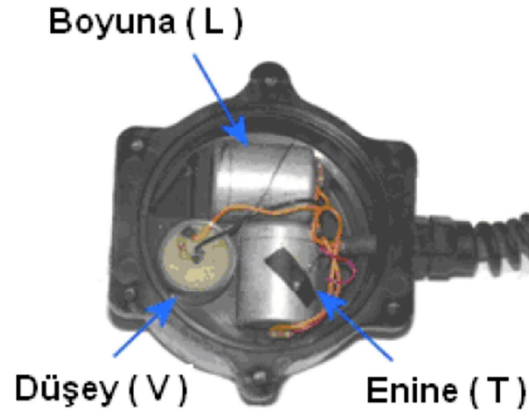
v. **Disk:** Sayısal verileri kaydetmek için (birçok cihazda verileri değerlendirmek üzere yazılımlar verilmektedir)

vi. **Yazıcı:** Diske kaydedilen verilerin zaman esaslı olarak dökümünü almak için

Yer sarsıntısı ölçüm cihazlarının kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerinden (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) oluşmaktadır. Söz konusu parametreler cihazın dijital ekranında görüntülenip, yazılım kullanılarak veri analizi yapılması amacıyla bilgisayara aktarılabilmektedir. Cihazlar tek ölçüm veya sürekli ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.1. Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme cihazının bileşenleri (Dowding, 1985)



Şekil 3.2. - Jeofon içerisindeki algılayıcılar

Bu çalışmada patlatma kaynaklı yer sarsıntılarını izlemek için 1 adet Instanetel Minimate Plus (Şekil 3.3) cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz tarafından kaydedilen veriler Instanetel firması tarafından ücretsiz olarak verilen Blastware (v10) paket programı yardımıyla değerlendirilebilmektedir. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 3.1’de sunulmuştur.

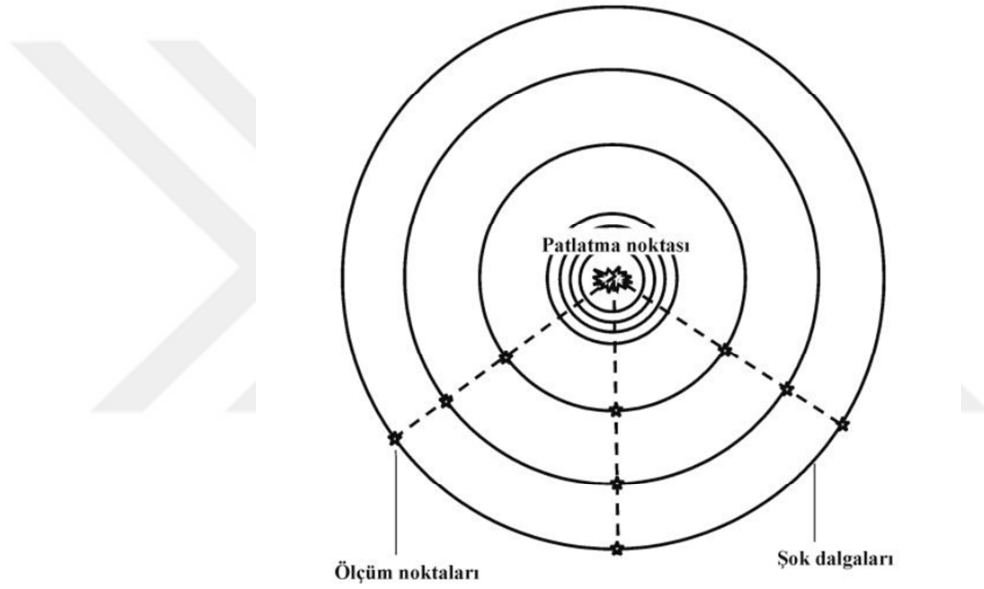


Şekil 3.3. Instanetel Minimate Plus marka ölçüm cihazı

Yer sarsıntısı ve hava şoku izlemek amacıyla yapılan çalışmalarda genellikle patlatma kaynağından belli bir uzaklıkta bulunan ve genellikle hasar beklenen yapıların bulunduğu yönlere doğru yerleştirilen cihazlar ile kayıt alınmaktadır.

Yer sarsıntılarını ve hava şokunu izlemek için genelde bir tek ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Patlatma sahalarındaki kaya kütle ve madde özelliklerinin değişken yapıda olması ve patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının yönlere bağlı olarak değişim göstermektesi sebebiyle (ISRM, 1992; Jimeno vd., 1995; Arpaz, 2000; Aldaş, 2002; Ak, 2006), ölçüm yapılan cihaz sayısı artırılarak patlatma sonucu oluşan yer sarsıntılarının ve hava şokunun yönsel değişimlerinin izlenmesi mümkündür. (A. Koçaslan)

Bu çalışmada, İstanbul Yeni Havalimanı inşaat sahasında patlatma sırasında InstanTEL Minimate Plus marka bir adet ölçüm cihazı kullanılarak yapılan ölçümler kullanılmıştır. Kullanılan cihazın teknik özellikleri tabloda görülmektedir. (Tablo 3.1).



Şekil 3.4. Yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm noktaları

Tablo 3.1 Çalışmada Kullanılan Instantel Minimate Plus cihazının teknik özellikleri

Genel Özellikler	
Titreşim Ölçümü	
Kanallar	Mikrofon veya 3 eksenli Geofon
Ölçüm Aralığı	254 mm/s (10 in/s) 'ye kadar
Çözünürlük	0,127 mm/s (0,005 in/s) veya 0,0159 mm/s (0,000625 in/s)
Doğruluk (ISEE/DIN)	4-125 Hz arasında hangisi büyükse; +/- 5% veya 0,5 mm/s (0,02 in/s), DIN 45669-1 standardı
Transduser Densitesi	2,13 g/cc (133 lbs/ft ³)
Frekans Aralığı (ISEE/DIN)	2 - 250 Hz, 1 - 315 Hz
Maksimum Kablo Boyu (ISEE/DIN)	75 m (250 ft) / 1,000 m (3,280 ft)
Hava Şoku Ölçümü	
Ağırlık Skalası	Lineer veya A Ağırlıklı
Lineer Aralık	88-148 dB (500 Pa (0.072 PSI) Pik)
Lineer Çözünürlük	0.25 Pa (0,0000363 PSI)
Lineer Doğruluk	4-125 Hz arasında hangisi büyükse; +/- 10% veya +/- 1 dB
Lineer Frekans Tepkisi	2-250 Hz
A-Ağırlık Aralığı	50-110 dBA
A-Ağırlık Çözünürlüğü	0,1 dBA
A-Ağırlık Frekans Tepkisi	15-8000 Hz
Dalga Şekli Kaydı	
Kayıt Modu	Elle, Tek Alım, Sürekli Alım
Sismik Tetik	0,127-254 mm/s (0.005-10 in/s)
Lineer Akustik Tetik	100-148 dB
A-Ağırlıklı Akustik Tetik	55-110 dBA
Numune Alma Hızı	1024-4096 S/s kanal başına (kayıt süresinden bağımsız), gelişmiş yazılım ile tek-kanallı modda 65536 S/s (max 8192 S/s kanal başına 8 kanal için)
Kayıt Durma Modu	Sabit ve Instantel® AutoRecord™ kayıt durdurma modu
Kayıt Zamanı	1-100 s (1s aralıklı programlanabilir), veya gelişmiş modda, 500 s + 0,25 s
Tam Dalga Biçimi Saklama Kapasitesi	1024 S/s olay hızında 300 adet 1 saniyelik olay

3.3. PARÇACIK HIZI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) KULLANILARAK PARÇACIK HIZI TAHMİN YÖNTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

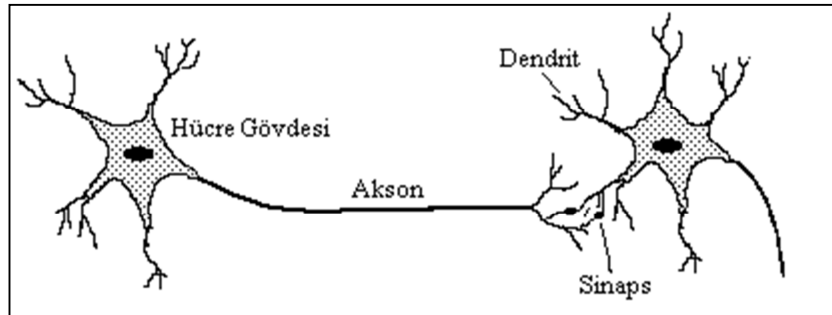
Gelişen teknoloji ile birlikte işlem gücü yüksek bilgisayarların ve yapay zeka uygulamalarının ulaşılmış olduğu seviye itibariyle bilgisayarlar hemen hemen tüm alanlarda etkin olarak kullanılmaktadır. Mühendislik alanında da yapay zeka uygulamaları etkin olarak kullanılmaktadır. Özellikle yapay zeka uygulamalarından birisi olan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi, istatistiksel tahmin yöntemi olarak tercih edilmeye başlanmıştır.

3.3.1. Yapay Zeka ve Yapay Sinir Ağlarının Kökeni

Yapay zeka insan beyninin, bilgisayarların yaptığı işlemlerden daha iyi ve daha hızlı yaptığı işleri insan zekasını örnek alarak geliştirmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır. İnsan beyni; düşünme, problem çözme ve hatırlama gibi çok karmaşık fonksiyonları kolaylıkla yerine getirebilen komplike yapıya sahip bir organdır. Bilimadamları bu fonksiyonları incelenmeyerek, insanın öğrenim sürecini yapay zeka için uyarlamaya çalışmaktadırlar.

İnsan beyninin temel birimi nörondur. Şekil 3.5.'de gerçek bir sinir hücresinin şematik gösterimi verilmiştir. Elektrik sinyalleri nöronlar arasında dendritler vasıtasıyla iletirler. Bileşke sinyal yeterince güçlü olduğunda nöronlar ateşleme yapar ve sinyal, terminalleri vasıtasıyla diğer nöronların dendritleri ile bağlantılı olan akson boyunca yol alırlar.

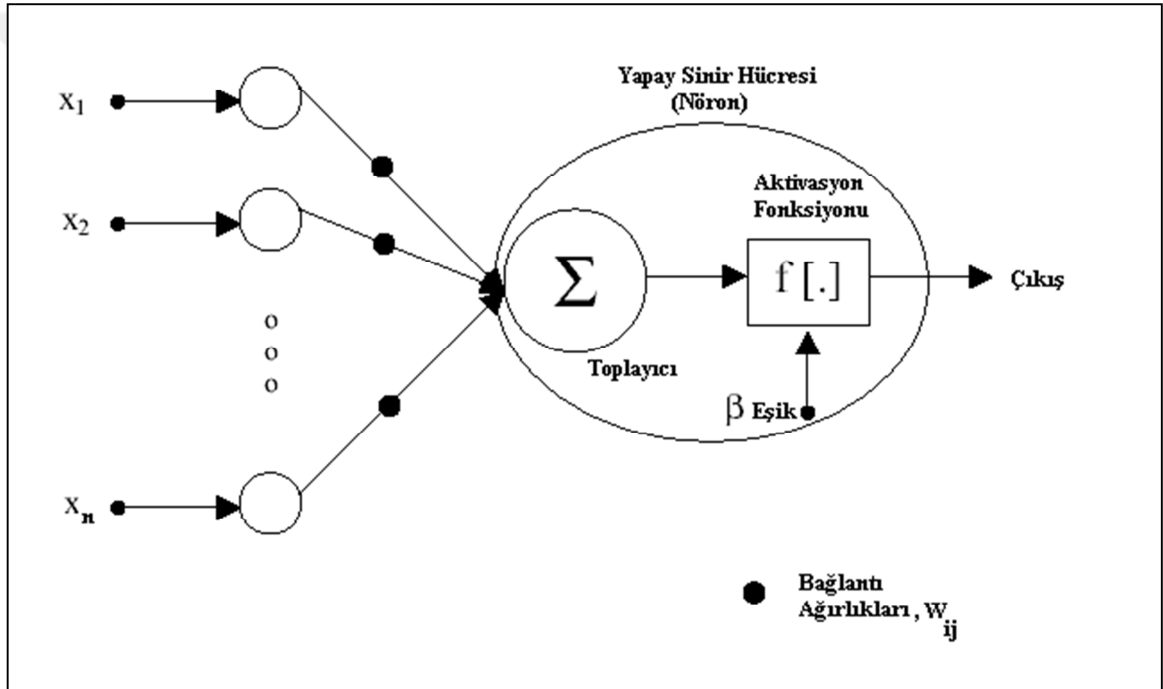
Elektrik sinyalleri akson boyunca, elektriksel yükü değişken hızlarda ileten sıvı ile dolu sinaptik bağlantılar üzerinden iletilerek nöronlar arasında hareket ederler. İnsan belleğinin oluşumunda ve öğrenme sürecinde, söz konusu sinaptik bağlantıların empedans ve kondüktans değerlerinin ayarlanmasının hayati bir önemi vardır. (Çetin, 2003).



Şekil 3.5. Gerçek bir sinir hücresinin gösterimi (Çetin, 2003)

3.3.2. Yapay Sinir Hücresi

Şekil 3.6. 'da gerçek bir sinir hücresi örnek alınarak modellenmiş yapay bir sinir hücresi gösterilmektedir. Sinir ağları birbirine paralel çalışan elemanlardan oluşur. Sinir ağı gövdesi, her biri kendine ait ağırlık çarpanları olan bağlantılardan oluşur. Bu değerler negatif veya pozitif değerler olabilirler. Sisteme uygulanan sinyallerin ağırlık değerleriyle çarpımları, iki kısımlı gövdenin ilk kısmında toplanarak ikinci kısımdaki aktivasyon fonksiyonunun argümanını oluşturur.



Şekil 3.6. Yapay Sinir Hücresi (Çetin, 2003)

3.3.3. Nöron Modelleri

Yapay sinir ağlarında, nöronlar bilgi işleyen yapısal elemanlardır. Bir nöron 3 yapısal kısımdan oluşur.

- 1. Sinaps adlı verilen bağlantılar:** Bütün sinapsların w_{ij} ile ifade edilen ağırlık çarpanları vardır. w_{ij} ifadesindeki i söz konusu nöronu, j ise sinapsın giriş yapılan ucunu tanımlamaktadır. Ağırlık çarpanları pozitif veya negatif değerli olabilirler.

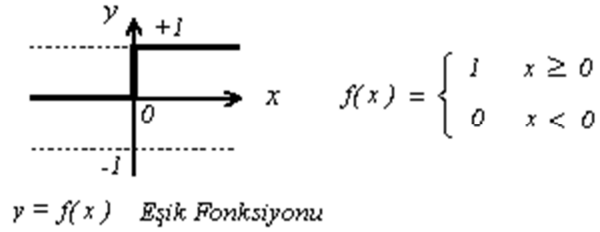
2. **Toplayıcı:** Uygun ağırlıkların uygulanmış olduğu giriş sinyallerini toplamak için kullanılırlar.
3. **Aktivasyon fonksiyonu:** Nöronun çıkışının genliğini kısıtlamak için kullanılır. Genelde bir nöronun normalize edilmiş genliği $[0,1]$ veya $[-1,1]$ kapalı aralığında ifade edilir.

3.3.4. Aktivasyon Fonksiyonu Çeşitleri

$arg = I_j + b_j$ tanımlaması kullanılarak bir nöron için aktivasyon fonksiyonu $\Phi(arg)$ ifadesiyle gösterilir. Nöronun yapısal kısımlarından olan aktivasyon fonksiyonları 3 çeşittir. Bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilirler.

3.3.4.1. Eşik Fonksiyonu

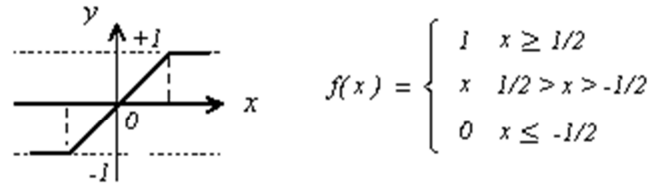
Eşik fonksiyonu kullanılarak yapılmış bir nöron literatürde McCulloch-Pitts modeli olarak da adlandırılmaktadır. Fonksiyonu'n grafiği Şekil 3.7.'de verilmektedir.



Şekil 3.7. Eşik Fonksiyonu

3.3.4.2. Kısmi Doğrusal Fonksiyon

Şekil 3.8.'de gösterilen bu aktivasyon fonksiyonu, doğrusal olmayan bir genlik artımı sağlar. Doğrusal bölgedeki genlik arttırıcı katsayısının yeterince büyük alınması durumunda parçalı doğrusal fonksiyon eşik fonksiyonuna dönüşür.

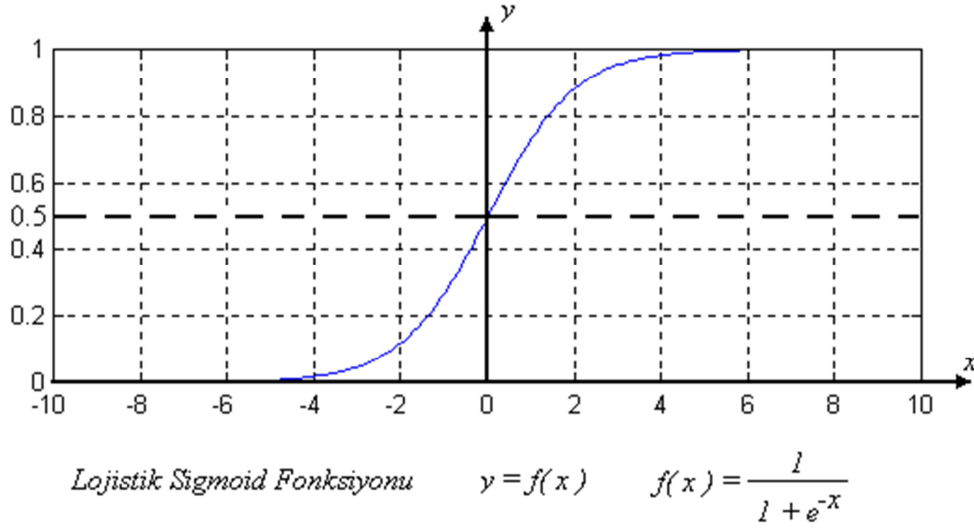


$y = f(x)$ Kısmi Doğrusal Fonksiyon

Şekil 3.8. Kısmi Doğrusal Fonksiyon

3.3.4.3. Sigmoid Fonksiyonu

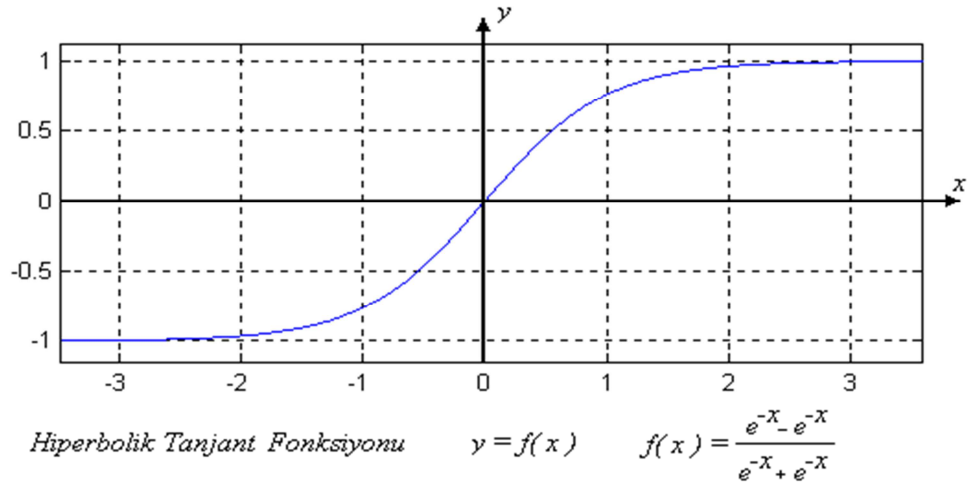
Yapay sinir ağları yönteminde en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonu Sigmoid fonksiyondur. Literatürde; doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar arasında denge sağlayan ve sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.9.'da gösterilen lojistik fonksiyonu Sigmoid fonksiyona bir örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.9. Lojistik Sigmoid Fonksiyonu (Çetin, 2003)

Şekil 3.9. 'da da görüldüğü gibi sigmoid fonksiyonun türevi alınabilirken eşik fonksiyonunun türevi alınamaz.

Hiperbolik tanjant fonksiyonu da bir sigmoid fonksiyon örneğidir ve Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil13.10. Hiperbolik tanjant fonksiyonu (Çetin, 2003)

3.3.5.Yapay Sinir Ağı

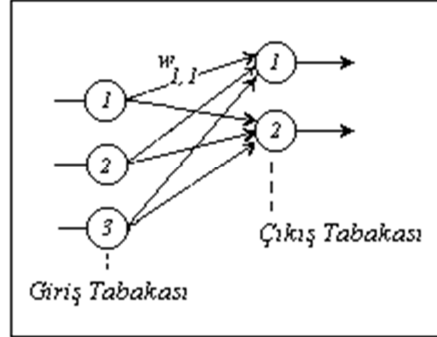
Yapay Sinir Ağı, öngörülen sayıda yapay sinir hücresinin, veri işlemek amacıyla farklı katmanlar olarak yapılandırılıp numaralandırılmasıyla oluşturulur. Yapay sinir ağlarının bu yapısı genellikle numaralandırılan birkaç katman oluşur. İlk katman, giriş katmanındaki elemanların ağırlık çarpanlarının ve aktivasyon fonksiyonlarının olmaması nedeniyle veri girişi dışında bir işlem yapmazlar, ve bundan ötürü de numaralandırılmaya dahil edilmezler. Tercihe göre farklı sayıda olabilen ara katmanlara gizli katman denir. Çıkış katmanı da son katmandır.

3.3.5.1. Ağ Yapıları

Ağ yapıları tek katmanlı ileri beslemeli, çok katmanlı ileri beslemeli ve döngülü yapay sinir ağları olmak üzere üç temel başlık altında toplanabilir.

Tek Katmanlı-İleri Beslemeli Sinir Ağları (FF)

Şekil 3.11.'de gösterilen tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları bir giriş ve bir çıkış katmanından oluşan en basit ağ sistemidir. Bu sistem bilgi, ağın giriş katmanından çıkışa doğru ilerler, bir başka ifadeyle ağ beslenir. Giriş katmanının veri üzerinde bir işlem yapmadan çıkış katmanına iletmesi sebebiyle tek katmanlı olarak adlandırılır.

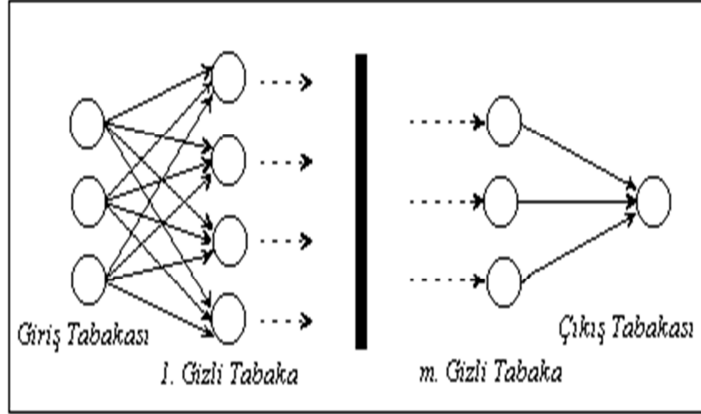


Şekil 3.11. Tek katmanlı yapay sinir ağı

Çok Katmanlı-İleri Beslemeli Sinir Ağları (FF)

Giriş ve çıkış katmanları arasında bir takım işlemler yapan, bir veya daha fazla gizli katmandan oluşan ağ tipidir (Şekil 3.12.). Bu ağ tipinde, giriş katmanı geniş olduğunda gizli katmanlardan faydalanılarak güvenilirliği yüksek istatistiksel bilgiler edinilebilir.

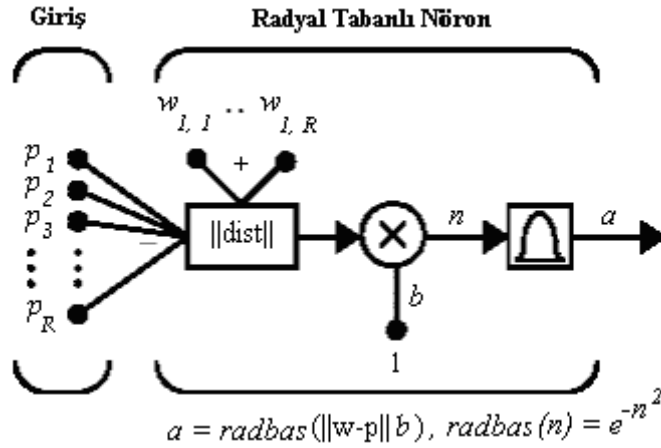
Çok katmanlı yapılarda (n) . katmanın çıkış sinyalleri $(n+1)$. katmanın giriş sinyalleri olarak kullanılır. m adet giriş düğümü, ilk gizli katmanında h_1 adet nöron (sinir hücresi), ikinci gizli katmanında h_2 adet nöron ve çıkış katmanında q adet nöron bulunan bir çok katmanlı ileri besleme ağı $m-h_1-h_2-q$ ağı olarak adlandırılır. Bir katmanda yer alan nöronlar, kendinden sonra gelen katman ile tam olarak bağlanıyor ise bu ağlara tam bağımlı ağlar adı verilmektedir. Tam olarak bağlantı söz konusu olmayıp, eksik ağ mevcut ise bu tip ağlar kısmi bağımlı ağ olarak adlandırılır.



Şekil 3.12. Çok katmanlı yapay sinirağı (Çetin, 2003)

Radyal Tabanlı Sinir Ağları (RBF)

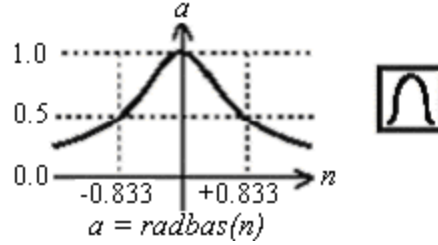
Genellikle lineer aktivasyon fonksiyonlu ve gizli katman içeren sinir hücrelerinin olduğu çıkış katmanından oluşan ağlara radyal tabanlı sinir ağları adı verilmektedir (Şekil 3.13.). Radyal tabanlı ağların eğitim süresi, ileri beslemeli ağlardan daha kısa olmasına rağmen daha fazla nöron gereksinimine ihtiyaç duyar. Yoğun eğitim verisiyle daha iyi sonuçlar verir (Çetin, 2003).



Şekil 3.13. Radyal tabanlı nöron (Çetin, 2003)

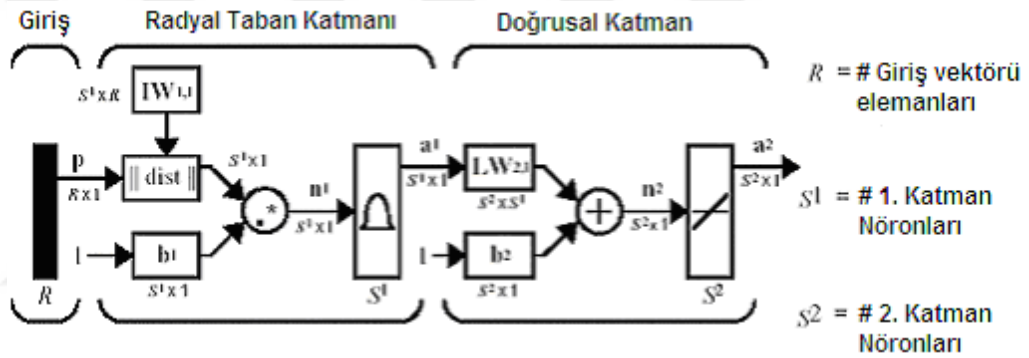
Radbas transfer fonksiyonunun net girişi, ağırlık vektörü, w , ile giriş vektörü, p 'nin vektörel uzaklığının bias terimi ile çarpımıdır. w ile p arasındaki uzaklık azaldıkça

transfer fonksiyonunun çıkışı artar ve uzaklık sıfırken çıkış maksimum değeri 1'e ulaşır. w ile p arasındaki uzaklık arttıkça çıkış sifira gider.



Şekil 3.14. Radyal tabanlı fonksiyon (Çetin, 2003)

Radyal tabanlı bir ağın topolojisi Şekil 3.15.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Radyal tabanlı ağ topolojisi (Çetin, 2003)

Döngülü Yapay Sinir Ağları (RNN)

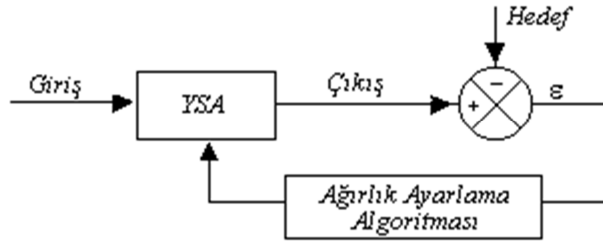
Döngülü yapay sinir ağları, en az bir adet geri besleme çevrimi olması bakımından, ileri beslemeli ağlardan olan farklıdır. Farklı katmanlara ait nöronların bağlantısına, katmanlararası (interlayer) bağlantı denir. Aynı katmandaki nöronların bağlantısına, katman içi (intralayer) bağlantı, komşu olmayan katmanlardaki nöronların bağlantısına da katmanlarötesi (supralayer) bağlantı denir. Bunlardan başka, bir nöron kendisiyle bağlantılı olabilir. Sıkça kullanılan bir terim olan tam-bağlantılılık, bir katmana ait tüm nöronların komşu katmandaki tüm nöronlarla bağlantılı olduğu durumu tanımlar (Çetin, 2003).

3.3.6. YSA'da Öğrenme ve Hatırlama

Yapay sinir ağlarında, öğrenme ve hatırlama olmak üzere iki temel fonksiyon gerçekleşir. Giriş verilerinin istenilen bir sonuca uyarlanması öğrenme fonksiyonunu ifade etmektedir. YSA'nın, belirli bir giriş verisine, ağırlık verilerine uygun olarak çıkış üretmesi ise hatırlama olarak tanımlanmaktadır.

Ağırlık değerleri denetimli ve denetimsiz olarak ayarlanarak, öğrenme süreci gerçekleştirilir. Denetimli ve denetimsiz ayarlama arasındaki fark, ağırlık verilerinin sınıflandırılmasıyla ilişkilidir. Bu durumda, denetimsiz öğrenme sürecinde öğrenmenin yanısıra eğitim verisinin sınıflandırması da başarılması gereken bir başka görevdir.

Mühendislik uygulamalarının büyük çoğunluğu denetimli öğrenmeyi kullanır. Yapay sinir ağına, yapması istenilen göreve dayalı bir dizi örnek bilgi verilerek sinir ağı eğitilir. Burada amaç belirli bir giriş için hedef bir çıkış elde etmektir. Hedef çıkış, denetmen tarafından sağlanır. Elde edilen çıkışla hedef karşılaştırıldığı zaman hedefe ulaşamamışsa bağlantıların ağırlıkları benimsenen öğrenme yaklaşımına göre ayarlanarak işlem tekrarlanır. Blok diagram olarak Şekil 3.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. YSA'nın eğitimi (Çetin, 2003)

3.3.7. Eğitim ve Test Verisi Seçimi

Yapay sinir ağının eğitimi ve sınaması için toplanan veri sistemin düzgün çalışma uzayını kapsamalıdır. Örnek kayıtlarının çalışma uzayının sınırlarını belirlediği ve yapay sinir ağlarının yalnızca eğitildiği çalışma aralığı için güvenilir sonuç verebildiği,

yani, ekstrapolasyon yeteneğinin güvenilemeyecek derecede kısıtlı olduğu unutulmamalıdır. Genel özelliklerin net olarak belirlenmesi için örnek kaydı koleksiyonunun geniş olması tercih edilir. Bu kayıtların bir kısmı eğitim aşamasında kullanılırken bir kısmı sınama aşamasında ağın genelleştirme yeteneğinin teyidi amacıyla kullanılır. Sınamanın başarısızlığı durumunda, sınama amacıyla kullanılan kayıtların bir kısmı eğitim verisine katılarak eğitim ve sınama işlemleri kabul edilebilir bir performans kriterine kadar tekrarlanır.

Yapay sinir ağı eğitiminde karşılaşılan temel bir sorun ezberlemedir. Yapay sinir ağının eğitim sürecindeki hata seviyesi, test sürecindeki hata seviyesine göre bariz farklılıklar gösterdiği takdirde ezberleme sorunu ile karşılaşılmış olur. Bu da tanımlanması istenen fonksiyonel ilişkiden ziyade eğitim verisindeki gürültü gibi tuhaflıkların da öğrenildiği anlamına gelir. Ezberlemeyi azaltmak için yapılabilecekler:

- Eğitimde kullanılan kayıt sayısını arttırarak gürültünün ortalamasının kendiliğinden düşmesini sağlamak,
- Serbest parametre olan nöronların sayısını kullanılması gerekenin asgarisi ile sınırlamak,
- Eğitimi, ezberleme başlamadan kesmek. Yöntem, çapraz değerlemeli eğitim olarak adlandırılır. Esası, eğitim sırasında ezberleme kontrolü yapmaya dayanır. Eğitim aşamasında biri eğitim, diğeri kontrol için olmak üzere iki veri grubu kullanılır. Her epokun sonunda her iki grup için hatanın RMS değeri hesaplanır ve kontrol kümesinin hatasında değişim olmadığı halde eğitim kümesinin hatasının azalmaya devam ettiği aşama tespit edilmeye çalışılır. Bu aşamada eğitim kesilir.

3.4. YAPAY SINIR AĞLARI İLE PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİM TAHMİNİ

Son yıllarda maksimum parçacık hızı (PPV) ve frekans (f) tahmini yapılması amacıyla çeşitli patlatma tasarım parametreleri (atım noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe, toplam patlayıcı madde miktarı gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı vb.) ve kaya madde/kütle özelliklerini baz alan yapay sinir ağları (YSA) modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır (Khandelwal ve Singh 2009, Mohamed 2009, Monjezi vd.

2010, Amnieh vd. 2010, Kamalı ve Ataei 2010, Alvarez-Vigil vd. 2012). Khandelwal ve Singh (2006,2009),

Bu araştırmalara göre; çoklu regresyon analizlerinden elde edilen modellerin yüksek hata payı sebebiyle kullanılmalarının isabetli sonuçlar vermediği, YSA yöntemi ile maksimum parçacık (PPV) ve frekans (f) tahminin ise çok iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Tez alışmamızda YSA yöntemi ve çoklu regresyon analizinde kullanılan veriler yalnızca İstanbul Yeni Havalimanı İnşaat sahasında elde edilen verilere dayanmaktadır.

Sahadan elde edilen veriler çeşitlendirilebilmektedir. Jeolojik yapıların özelliklerini belirlemek için kayaç parametreleri, kullanılan patlayıcı miktarları, uygulanan tasarım vb. parametreler model oluşturmak için kullanılmaktadır. En sık kullanılan parametreler ise; gecikme başına düşen patlayıcı miktarı, mesafe, delik apı, P hızı, S hızı, özdirenç, kaya sınıfı, tek eksenli basınç dayanımı vb. parametrelerdir. Bu parametreler çoğaltılabilmektedir. Formasyonu ve sahayı tanımlayacak ne kadar fazla veri elde edilirse, yöntemin daha mantıklı ve sağlıklı sonuçlar vermesi beklenmektedir.

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısının şiddeti; evre kaya kütlesinin fiziksel ve mekanik özellikleri, patlayıcı karakteristikleri ve patlatma tasarımı gibi parametrelerin bir fonksiyonudur.

Yer sarsıntısının şiddetini belirlemeye yönelik yaklaşımlar daha çok, patlatma şok büyüklüğü (patlayıcı madde miktarı) ve sönümlenme büyüklüğü (mesafe) gibi iki önemli parametre üzerinde yoğunlaşmakta ve patlatma kaynaklı yersarsıntılarını bu iki parametreye dayanan eşitliklerle modellenmektedir. Yer sarsıntılarının oluşum ve gelişiminde etkili olan diğer unsurlar saha sabitleri üzerine yüklenmektedir. Biz bu çalışmamızda inşaat sahasında yapılan zemin etüt parametrelerinden de yararlanarak bu konudaki çalışmalar bir katkı sağlamayı hedefledik.

IV. BULGULAR

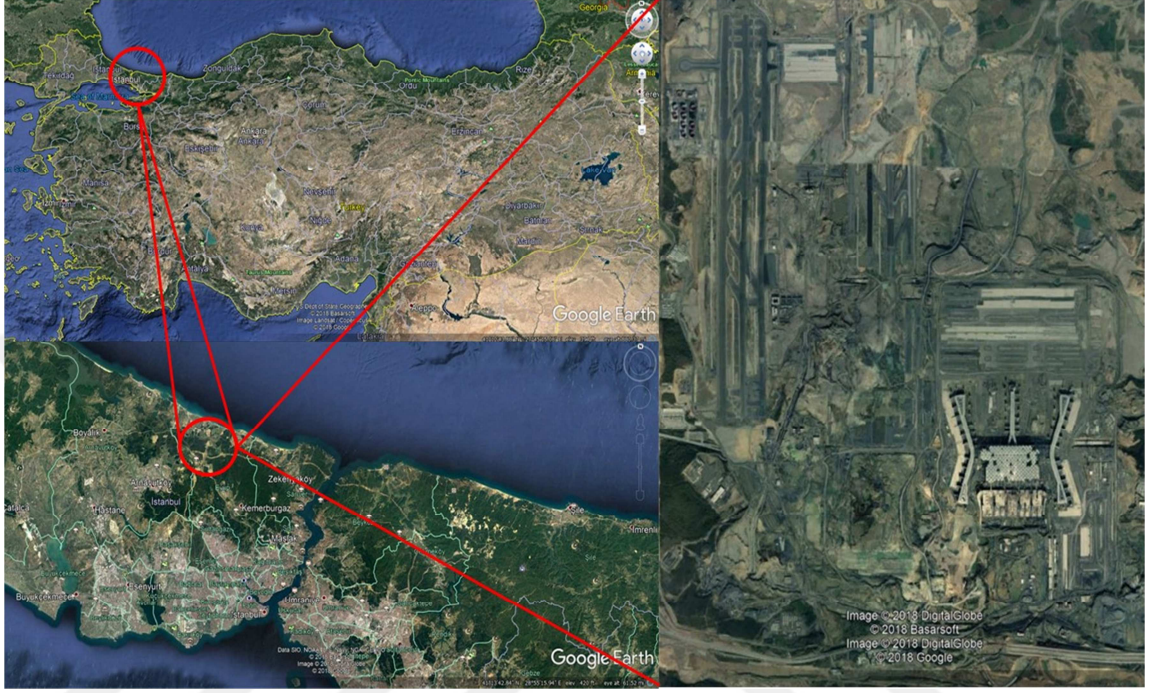
Tez kapsamında İstanbul Yeni Havalimanı Projesi (İGA) kapsamında İstanbul İli, Arnavutköy İlçesinde, Karadeniz kıyısındaki Tayakadın ve Akpınar Köylerinin arasında kalan yaklaşık 76.5 milyon m² alan üzerine inşa edilmekte olan havalanı projesinde gerçekleştirilen patlatmalı kazı çalışmaları takip edilmiştir. Çalışmada, yoğun patlatmalı kazı faaliyetleri yürütülen, THY Hangarlarının yer aldığı bölgenin kaya özellikleri ile patlatma kaynaklı oluşan titreşim yayılımı ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sahasına ait görsel Şekil 4.1. de verilmiştir.



Şekil 4.1. Patlatma çalışmaları yapılan bölgenin görünümü

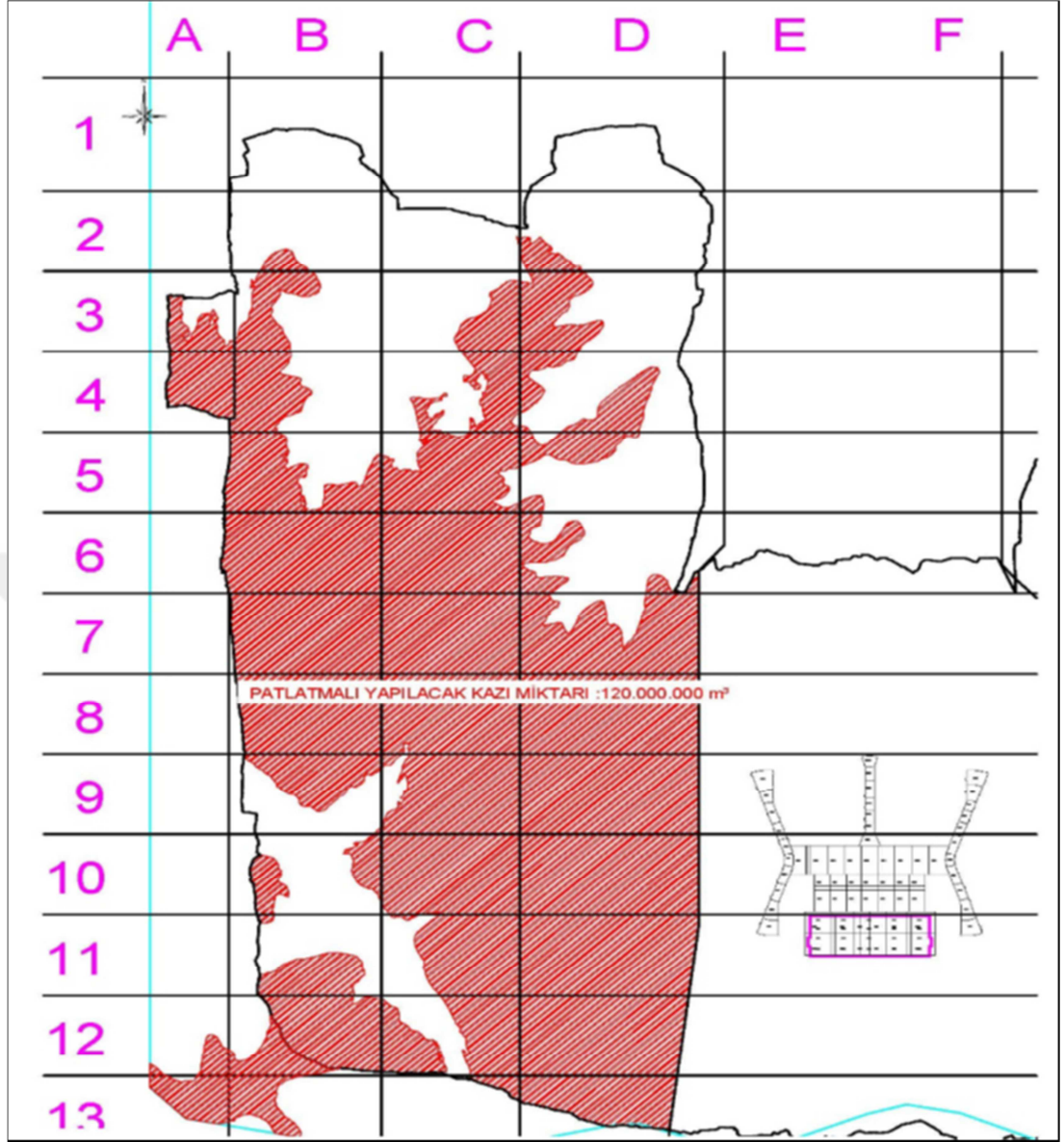
4.1. BÖLGENİN JEOLJİSİ

İnşaat alanı, İstanbul il merkezine yaklaşık 40 km Kuzey Batıda ve Arnavutköy ilçesine bağlı Tayakadın Mahallesi'nin yaklaşık 0.7 km Doğusunda yer almaktadır. İnceleme alanının yeri Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. İstanbul Yeni Havalimanı İnşaat Sahası

İnceleme sahasında patlatma yapılması planlanan bölgeler aşağıda master plan üzerinde işaretlenmiştir. Patlatmalar sağlam kaya varlığından dolayı bu bölgelerde yapılmaktadır. Patlatmalı yapılacak kazı miktarı yaklaşık 120.000.000 m³ (yüzyirmi milyon metreküp) civarındadır.



Şekil 4.3. İnşaat sahasında patlatmalı kazı yapılan bölge

4.1.1. Bölgenin jeolojisi

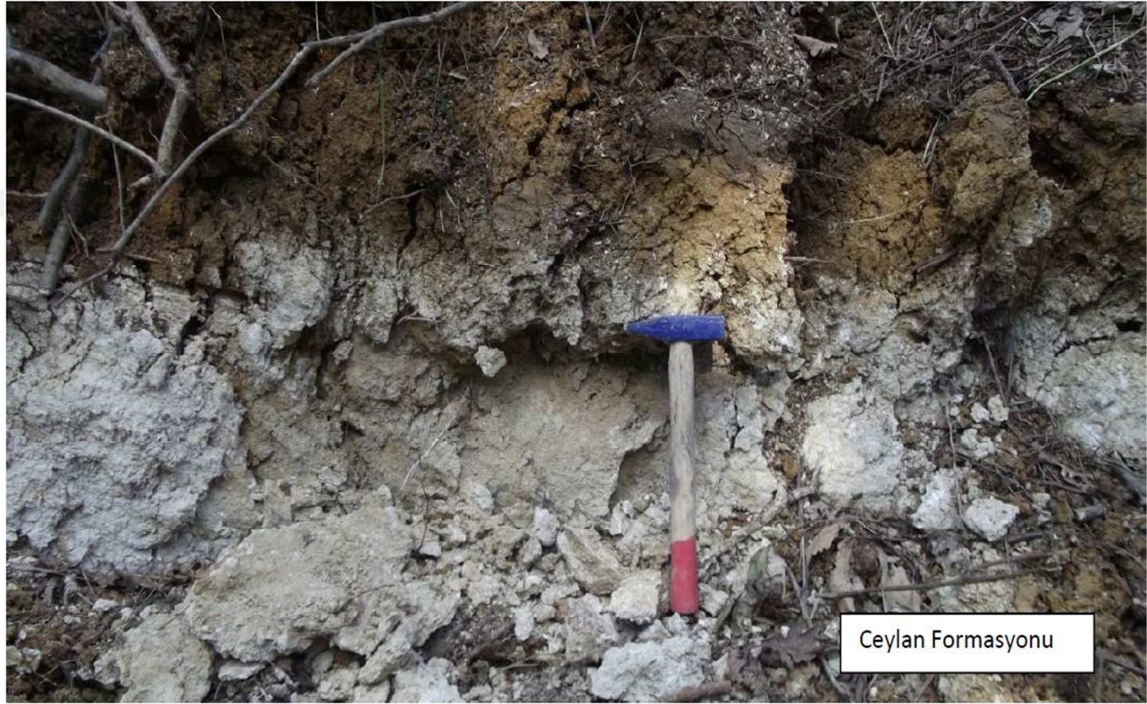
İnceleme alanında rastlanan iki ana birim olan Ceylan Formasyonu ve Danişmen Formasyonlarına ait bilgiler aşağıda sunulmuştur. Patlatma Ceylan Formasyonu'na ait sağlam kayalar üzerinde yapılmaktadır.

Ceylan Formasyonu

1970'li yıllarda Trakya havzasında petrol ve doğalgaz bulmak amacı ile yapılan sondajlar sonucunda elde edilen verilere göre yapılan adlandırmada bu formasyon; Ünal (1974) tarafından Ceylan Şeyli, Keskin tarafından ise Ceylan Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Ceylan Formasyonu gri, sarımsı killi kireçtaşı, çok az sarımsı renklerde silt-kum ara bantları içeren gri-yeşil renkli şeyl-marn ardalanmasından oluşmaktadır.

Formasyon içerisindeki marn ve kiltası taze iken mavimsi külrengi, ayrıışmış sarımsı krem boz rengi, orta ve düzgün katmanlı, dışbükey ya da içbükey kırılma yüzeylidir. İstanbul Yeni Havalimanı hafriyat kazısı kapsamında patlayıcı kullanılarak kazılan formasyon Ceylan Formasyonudur.



Şekil 4.4. Ceylan Formasyonu – Çok/Orta Ayrıışmış Marn

Danişmen Formasyonu

Önceki araştırmacılar tarafından; “Yenimuhacir Formasyonu” Holmes,(1961), “Danişmen Formasyonu” Ünal (1967), Beer ve Wright (1960), Umut ve diğ. (1984) ve Danişmen Şeyli (Ünal,1967) gibi farklı şekillerde adlandırılmıştır. Tezimizde bu formasyon için, Trakya havzasında petrol ve doğalgaz bulma amaçlı çalışmalar yapan uzmanların adlandırması olan Danişmen Formasyonunu tercih ettik. Danişmen formasyonu; büyük oranda kumtaşı, çakıltası ve miltası arakatlı kiltası ve şeyllerden oluşur, ayrıca tüt-tüfit ve linyit kömürü ara düzeylerini de kapsar. Stratigrafik istife göre Danişmen Formasyonu Ceylan formasyonunu üzerlemektedir.

Ağaçlı linyiti olarak ekonomik değer taşıyan kömür tabakaları ile, 30-40 metrelik kesitlerde üst üste 2-3 düzey halinde, 1-5m kalınlıklarında karşılaşılr. Bu kömür

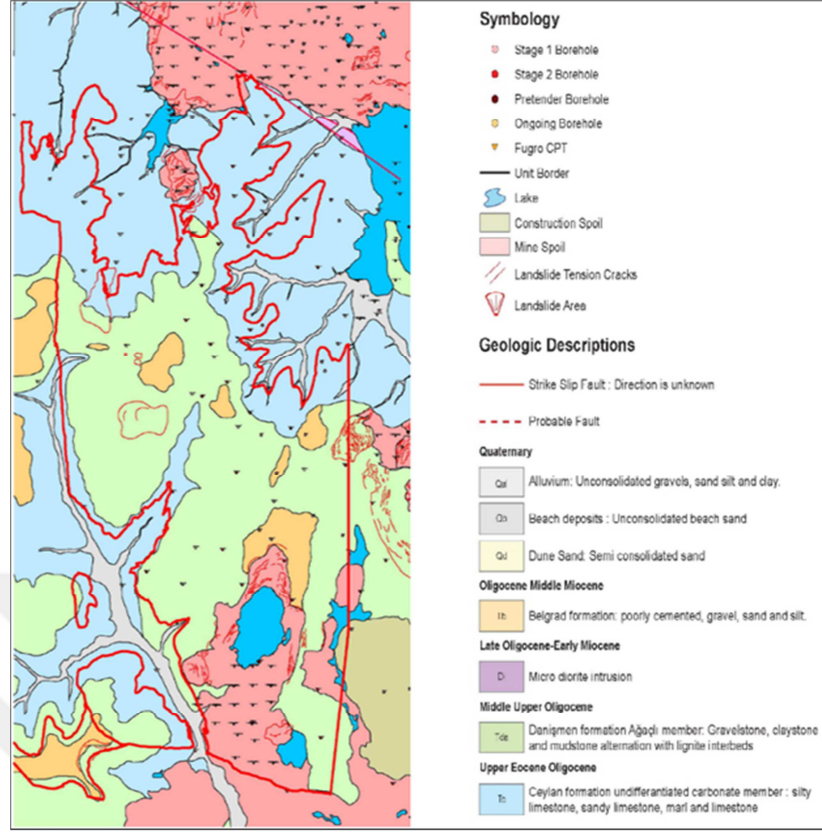
kaynağını çıkaran ocaklar yıllar boyunca işeltiştir ve inşaat sahasının bir kısmı, maden pasası ile doldurulmuş bu ocaklara denk gelmektedir.



Şekil 4.5. Yeşilimsi Gri – Kırmızı renkli çok ayrışmış zemin karakterde Kıltaşı – Çamurtaşı

4.2. PATLATMA İLE KAZISI YAPILAN ALANLARDAKİ JEOLJİK BİRİMLER

Aşağıda saha geneli için hazırlanmış olan jeolojik harita üzerinde patlatma yapılan alanlar gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Jeoloji Haritası – Patlatma Alanları Süperpoze Planı

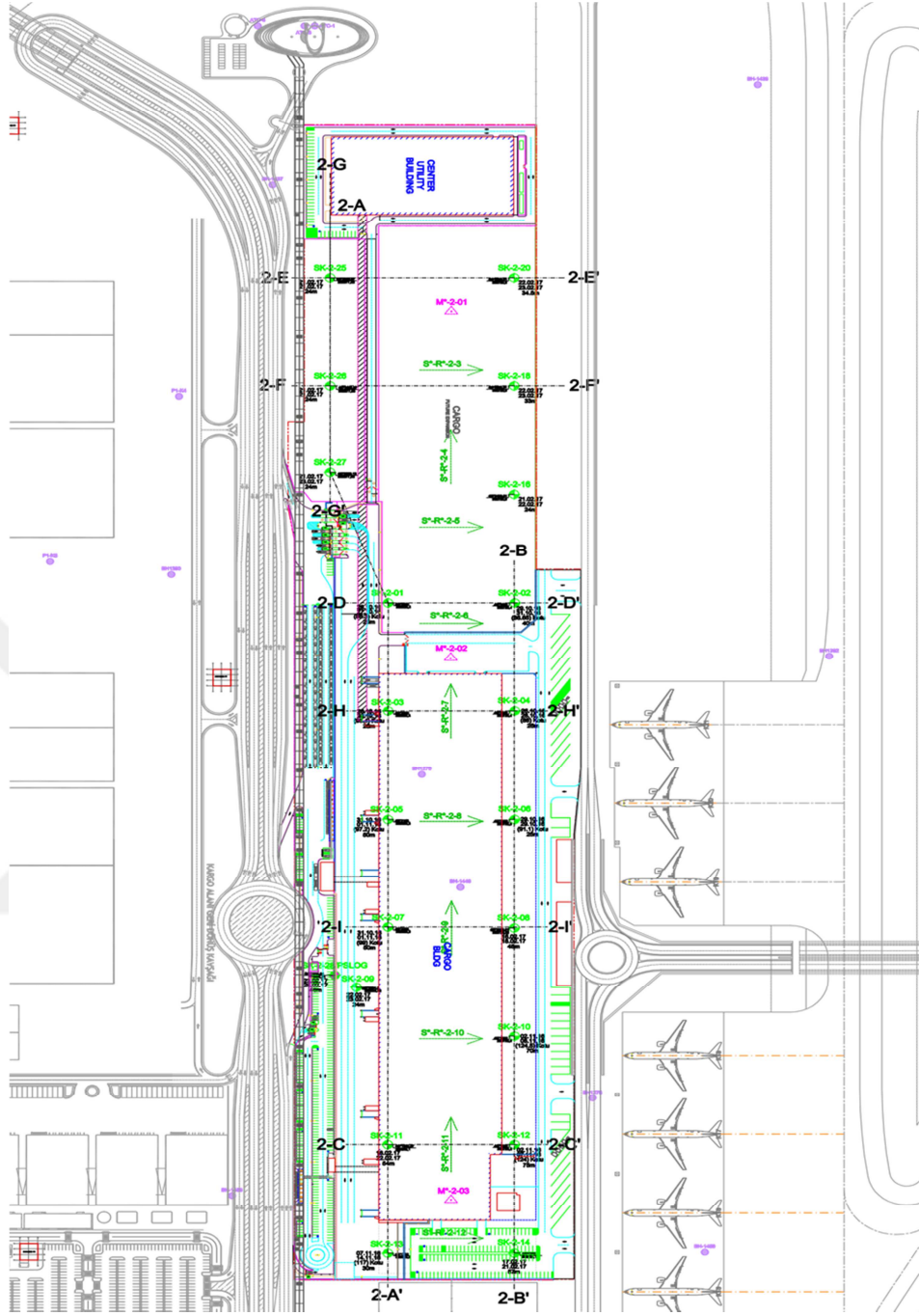
Mavi ile gösterilen alanlar Ceylan formasyonunu (killi kireçtaşı) temsil etmekte olup, bu formasyon saha genelinin temel kayası niteliğindedir. Haritada yeşil ile gösterilmiş olan alanlar Danişmen formasyonunu (katı-sert kil / ayrışmış kiltası) temsil etmektedir. Stratigrafik istife göre Danişmen Formasyonu Ceylan formasyonunu üzerlemektedir. Kazılar sırasında Danişmen formasyonuna ait kil ve kum içerikli birimlerden sonra Ceylan Formasyonuna ait kayalara rastlanacaktır. Proje kotu gereği patlatma yapılacak alanlarda ortalama 30-40m derinliğinde kazılar yapılması gerekmektedir.

4.3. SAHADA GERÇEKLEŞTİRİLEN ZEMİN ETÜT ÇALIŞMALARI

İstanbul Yeni Havalimanı projesi kapsamında inşaa edilecek THY tesislerinden, Kargo Tesisi ve Uçak Bakım Onarım Hangarlarının inşaa edileceği arazi patlatmalı kazı yöntemi ile kazısı yapılan Ceylan formasyonuna denk gelmektedir. Söz konusu yapılar için sahada zemin etüt faaliyetleri devam ederken bile aynı bölgede patlatmalı kazı ile hafriyata devam edilmiştir. Söz konusu yapıların geoteknik raporlarının hazırlanması amacıyla Ekim 2016 ile Şubat 2017 tarihleri arasında Doğa Sondajcılık firması tarafından sahada sondajlar yapılmış ve çeşitli jeofizik ölçümler gerçekleştirilmiştir.

ATC Kulenin güneyinde THY Kargo binası için; 21 adet toplamda 756,50 m'lik sondaj, kuzeyinde ise THY Bakım Onarım Hangarları için 10 adet toplamda 339 m'lik sondaj yapılarak jeolojik birimlerin eitleri, derinlikleri, dağılımları aratırılmı, yerinde deneyler yapılmış, alınan örselenmiş numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri yapılarak zemin index, zemin cinsi ve etüt alanındaki birimlerin yayılımları ve mühendislik özellikleri tespit edilmiştir.

Ayrıca sahada 7 adet mikrotremör ve 17 adet sismik kırılma deneyi yapılarak yeraltı jeolojik yapısına dair, zemin hakim titreşim periyodu ve yerin dinamik-elastik parametreleri jeofizik hesaplar yoluyla hesaplanmıştır. Sondaj verileri ile birlikte jeofizik parametrelerinin korelasyonu sağlanarak yeraltının jeolojik yapısı aydınlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.7. Sahada yapılan zemin etüt faaliyetlerini gösteren vaziyet planı

4.3.1. Sahada yaptırılan sondaj çalışmaları

Çalışma alanında, 24 metre olan 5 adet, 25 metre olan 4 adet, 30 m olan 1 adet, 33 metre olan 1 adet, 34,50 metre olan 1 adet, 40,00 metre olan 1 adet, 45,00 metre olan 1 adet, 48,00 metre olan 1 adet, 50 metre olan 1 adet, 54 metre olan 1 adet, 57 metre olan 1 adet, 70 metre olan 1 adet ve 75 metre olan 1 adet toplamda 756,50 metre derinliğinde zemin araştırma sondajı yapılmıştır. Yapılan araştırma sondajından alınan zemin

numuneleri laboratuvara gönderilerek deneyler yaptırılmış ve tüm bu çalışmalar büro ortamında ön veri raporu olarak özetlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler hazırlanan bu zemin etüt veri raporundan alınmıştır.

İnceleme alanında gerçekleştirilen araştırma sondajlarında geçilen birimlerin sadeleştirilmiş ve düzenlenmiş hali ile oluşturulan sahanın jeolojik yapısı aşağıda belirtilmiştir. Yapılan araştırma sondajlarında; DOLGU: Gri-kahve renkli kıltaşı, DOLGU: Koyu kahve renkli kil; Siyahımsı gri renkli, sert kıvamda, organik madde içerikli, kısmen ince-orta çakıllar ihtiva eden kil oranı yüksek LİNYİT; Sarımsı kahve renkli çok sıkı KUM; Yeşilimsi gri renkli, sert kıvamda siltli KİL; Kırmızımsı kahve renkli, karbonat kırıntılı, FeO izli, bol siltli, bol kumlu, orta katı-katı kıvamlı KİL; Yeşilimsi kahve renkli, yer yer FeO izli, sert kıvamda, kısmen ince çakıllı, siltli KİL; Mavi-Kahve renkli KİLTAŞI; Açık yeşilimsi gri renkli, çok zayıf dayanımlı, killi, karbonatlı KİREÇTAŞI-KİLTAŞI ARDALANMASI; Yeşilimsi gri renkli, karbonatlı kil arabantlı, zayıf dayanımlı, orta-çok ayrılmış, parçalı-bloklı MARN; Kahvemsı gri renkli, zayıf-orta dayanımlı, az kırıklı, laminalı SİLTTAŞI-KİLTAŞI ARDALANMASI birimlerine rastlanmıştır.

4.3.2. Sahada gerçekleştirilen jeofizik ölçümler

Zemin etüt çalışması kapsamında, sahada Jeofizik çalışmalardan masw ve sismik kırılma ölçümleri yapılmıştır. Bu yöntemlerde amaç; yere belirli aralıklarla serilen jeofonlar ile yeraltında mevcut olan mikrotitreşimleri veya yapay bir deprem etkisi oluşturularak elde edilen titreşim dalgalarının kaydedilerek, bu kayıtlardan yeraltının jeolojik yapısının anlaşılmasına çalışılmasıdır.

Jeofizik çalışmalar ile sahada gerçekleştirilen sondaj çalışmaları birarada değerlendirilerek, yeraltının jeoloji yapısı aydınlatılmaya çalışılmıştır. Jeofizik etüt çalışmalarının bir diğer amacı da inşaa edilecek yapının statik projesinin çizilmesi açısından elzem olan zemin hakim titreşim periyodu ile yerin dinamik ve elastik parametrelerinin hesaplanmasıdır.

Bu amaçla saha imkanları ölçüsünde 17 profil boyunca sismik kırılma ve mam ölçümü alınmıştır.

Çalışmada; PASI GEA-24 marka 2016 model sismik ölçüm cihazı, jeofonlar ve diğer sismik ekipmanları kullanılmıştır. Sahada yapılan ölçümler, Seis Imager 1D Pickwin/Surface Wave Analysis bilgisayar yazılımı kullanılarak modellenmiş ve yorumlanarak zemin etüt veri raporuna işlenmiştir.

Arazi Ölçüm Verileri ve Bu Verilerden Hesaplanan Büyüklükler

İnceleme alanında 17 profil sismik kırılma ve mam ölçüm kayıtları kırılma ve pasif kaynak teknikleri uygulanarak kaydedilmiştir. Yer altı tabakalarının kayma dalgası hızı (Vs), Basınç dalgası hızı (Vp) ve tabakaların derinlikleri, sahada alınan ölçüm kayıtlarındaki faz hızı-frekans grafiğindeki dispersiyon eğrisi oluşturulan dalgadan ters çözüm yolu ile elde edilmiştir.

Sismik hızlardan hesaplanan dinamik büyüklükler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

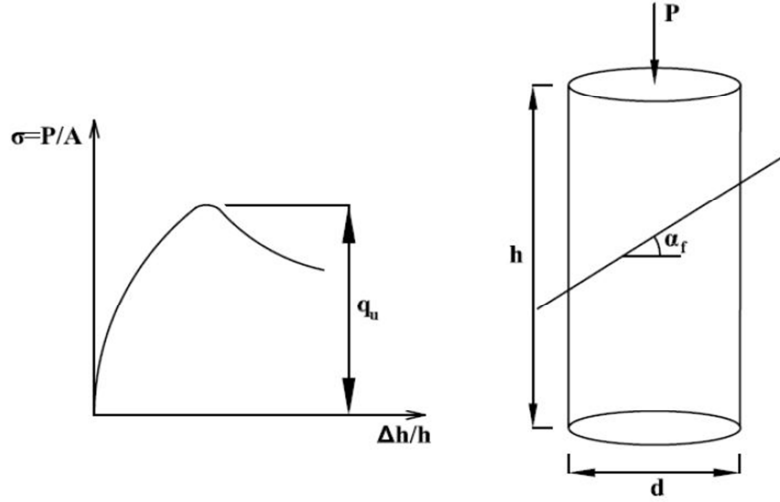
- a. Sıkılık
- b. Yoğunluk
- c. Poisson Oranı
- d. Shear Modülü
- e. Elastisite Modülü
- f. Bulk Modülü
- g. Zemin Hakim Periyodu

4.3.3. Laboratuvar Ortamında Gerçekleştirilen Deneyler

Sahada yapılan sondajlardan alınan karot numuneler, laboratuvara gönderilerek bu numuneler üzerinde çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen parametreler, sahada gerçekleşen atımlar sonucunda alınan titreşim ölçümleri ile birlikte değerlendirilerek yapılacak patlatmalar için titreşim tahminleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda gerçekleştirilen deneylerin başlıcaları; Nokta Yükleme İndeksi, Elastisite Modülü, Poisson Oranı, Tek Eksenli Basınç Dayanımı, Atterberg Limitleri, ve Elek Analizidir. Patlatma yapılan bölgenin verilerinin değerlendirilebilmesi için, tüm sondaj noktalarından elde edilen, tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları araştırmada kullanılmıştır.

Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Serbest Basınç)

Sahadan alınmış karot numunelerden boy/çap oranı en az 2 olacak şekilde hazırlanmış zemin numunesinin çevresel basınç uygulanmaksızın, düşey basınç uygulanarak deforme edilmesi sonucunda çizilen grafik ile elde edilen maksimum gerilmeye serbest (tek eksenli) basınç dayanımı denir. (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. Serbest basınç deneyinde gerilme-şekil değiştirme değişimi grafiği

Deney sonucunda, kabul edilebilecek şekil değiştirme sınırları içerisinde zeminin göçme anında ulaştığı en büyük gerilme değeri veya bir diğer ifadeyle serbest basınç mukavemeti (q_u) elde edilmektedir. Tek Eksenli Basınç (Serbest Basınç) ile Üç Eksenli Basınç dayanımı deneyi arasındaki en önemli farklar; tek eksenli deney yapılırken hücre içerisine su konulmaması ve yanal gerilmelerin uygulanmamasıdır.

4.4. PATLATMALI KAZI ÇALIŞMALARINI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

İstanbul Yeni Havalimanı İnşaatı kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı kazı çalışmalarında basamak patlatma modeli uygulanmaktadır.

Proje kapsamında yüklenici firma tarafından daha önce yapılan patlatmalı kazılarda, kazılan malzemenin aynı zamanda dolgu malzemesi olarak kullanılması dikkate alınarak, gerekli granülometrinin sağlanması esas alınmış ve bu amaca yönelik optimum patlatma tasarımı oluşturulmuştur. Söz konusu tasarıma ait parametreler aşağıda verilmiştir (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Çalışma kapsamında genel olarak uygulanan patlatma modeli

Delik Çapı	165 mm
Dilim Kalınlığı	6 m
Deliklerarası Mesafe	6 m
Delik Uzunluğu	11 m
Basamak Yüksekliği	10 m
Delik Başına Düşen Patlayıcı Madde (Yemleme + Ana Şarj)	120 kg
Delik Başına Üretilen Kaya Hacmi	360 m ³
Özgül Şarj (1 m ³ kaya üretmek için gerekli patlayıcı miktarı)	0.33 kg/m ³

Patlatmalı kazı çalışmalarında; elektriksiz nonel sistem gecikmeli kapsüller kullanılmaktadır. Ana şarj patlayıcı olarak ANFO, yemleme olarak ise kapsüle duyarlı emülsiyon tipi patlayıcılar tercih edilmiştir.



Şekil 4.9. Patlatmalı kazı hazırlık çalışmaları

4.5. PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN ÖLÇÜLMESİ

Tez kapsamında, Aralık 2016 dönemi ile Ağustos 2017 dönemi arasında, THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının temel kazıları esnasında gerçekleştirilen patlatmalı kazı çalışmaları takip edilmiştir. Patlatmalı kazı çalışmaları esnasında, kazı noktalarına en yakın risk unsuru yapılar dikkate alınarak titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bölgede risk unsuru yapılar; ATC Kule, İtfaiyer Binası, 1.Pist Menfez, MRO Tesisat Binası, 1.Pist Mühendislik Dolgusu, MRO Tesisat Kanalı, Batı Servis Tüneli, İGA Kargo Binası ve Mekanik Plent olarak değerlendirilmiştir. Patlatmalı kazılar esnasında, en yakın risk unsuru yapı yanına

titreşim ölçer cihaz yerleştirilmiştir. Titreşim ölçerlerin konumları ile patlatma paternleri kayıt edilmiştir.

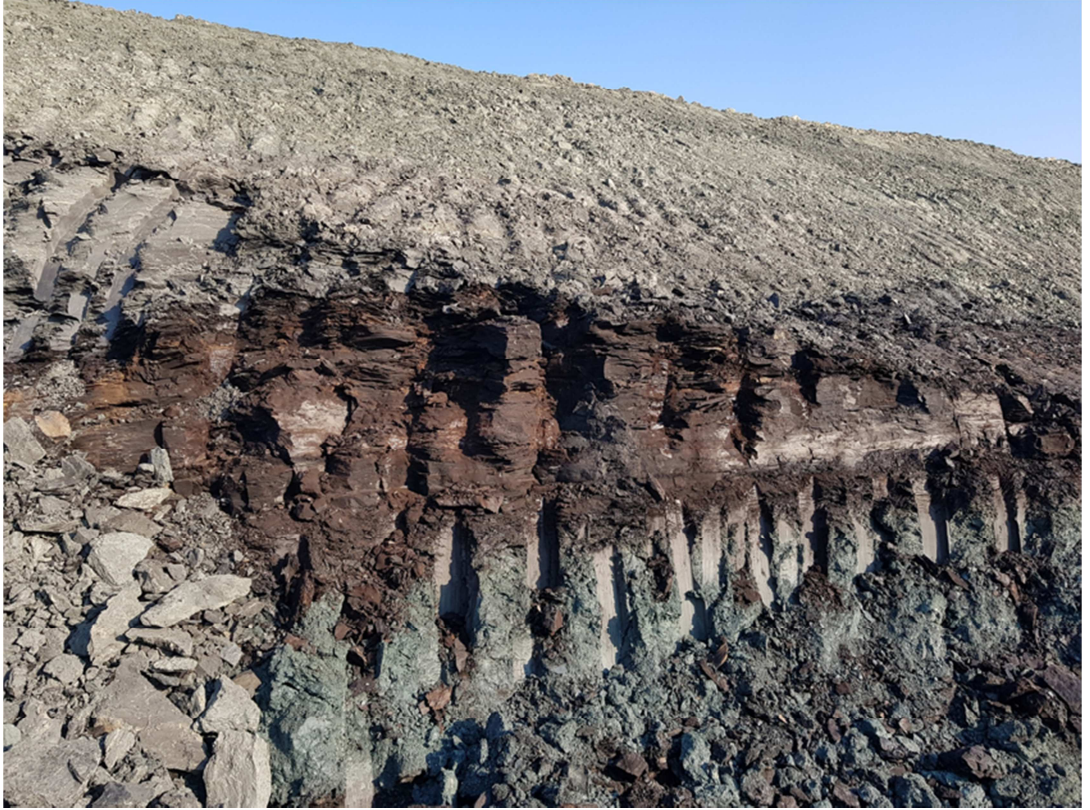


Şekil 4.10. Patlatmalı kazı titreşim ölçüm çalışmalarına ait görsel

Aralık 2016 dönemi ile Ağustos 2017 dönemi arasında, THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının temel kazıları esnasında gerçekleştirilen atımlardan toplamda 95 adet titreşim verisi elde edilmiştir. Titreşim ölçüm çalışmalarının bir kısmına dahil olunarak ölçümler alınmıştır. İştirak edilemeyen ölçüm çalışmaları için, Okan Üniversitesi ve İGA yetkilileri tarafından hazırlanan titreşim ölçümleri değerlendirme raporundaki veriler kullanılmıştır. (Kahriman vd., 2017) Elde edilen titreşim verileri tablolar halinde EK-A'da verilmiştir.

4.6. KAYIT EDİLEN TİTREŞİMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının temel kazılarının gerçekleştiği bölge, jeolojik olarak benzer formasyona ve birimlere sahip olmasına rağmen, sahada kömür damarları, kum bantı gibi yapısal bütünlüğü bozucu etkenler mevcuttur. Bu durumun, birbirine yakın konumlarda yer alan patlatmalı kazı noktalarının, kazılacak kaya özelliklerine bağlı olarak, patlatmalı kazı esnasında oluşan titreşim seviyelerinin değişkenliğe sebep olup olmayacağı araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, patlatmalı kazı bölgelerinin tamamından elde edilen kaya mühendislik parametreleri ile patlatma paternine ait veriler ve titreşim ölçüm sonuçları ilişkilendirilmiştir. Söz konusu ilişkinin araştırılmasında, bu tür faaliyetlerde başarılı sonuçlar verdiği litetürde yer alan kaynaklarca ifade edilen yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Jeolojik yapıdaki değişkenliği gösteren mostra fotoğrafı

4.6.1. İncelemede Kullanılan Kaya Parametreleri

İnceleme sahası olan, THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının bulunduğu bölgede gerçekleştirilen zemin etüt çalışmaları kapsamında; jeofiziksel etütler ile sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen etüt çalışmalarından elde edilen değerler incelenmiş, inceleme neticesinde, çalışma sahasının tamamından ortak olarak elde edilen; zemin ortalama V_s hızı ($V_{s(30)}$), zemin hakim titreşim periyodu (T_0), Sıklık oranı (V_p/V_s), Poisson Oranı, Yoğunluk, Shear Modülü, Elastisite Modülü, Bulk Modülü ve Tek Eksenli Basma (T.E.B.) dayanımı verileri kullanılmıştır. T.E.B. dayanımı verileri sondaj verilerinden elde edilen numenelere ait labratuvar testlerinden elde edilirken, diğer parametreler ise jeofizik etütlerden elde edilmiştir. Yapılan etütlerin noktaları, EK-B de belirtilmiştir.

Jeofizik etütlerden elde edilen parametreler Tablo 4.2. de verilmiştir.

Tablo 4.2. İnceleme sahasına ait jeofizik etütlerden elde edilen parametreler

Profil	V_{s30} (m/sn)	T_0 (sn)	Sıklık (V_p/V_s)	Poisson Oranı	Yoğunluk (gr/cm ³)	Shear Modülü (kg/cm ²)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)	Bulk Modülü (kg/cm ²)
S-R- 2-3	715	0.26	3.2	0.45	2.09	12260	35458	109487
S-R- 2-4	662	0.26	3.34	0.45	2.19	17655	51228	173501
S-R- 2-5	673	0.26	3.75	0.46	2.24	16555	48399	211154
S-R- 2-6	678	0.25	2.68	0.42	2.05	14837	42118	87091
S-R- 2-7	638	0.25	2.45	0.4	2.06	18623	52149	87044
S-R- 2-8	573	0.3	3.37	0.45	2.11	12381	35949	124136
S-R- 2-9	635	0.27	2.64	0.42	2.02	13278	37604	74669
S-R- 2-10	547	0.3	4.3	0.47	2.21	11214	33003	192655
S-R- 2-11	774	0.22	3.17	0.44	2.34	32413	93650	282010
S-R- 2-12	589	0.29	2.27	0.38	1.98	13911	38376	53000
S-R-1-36	460	0.36	3.43	0.45	2.05	9127	26534	95335
S-R-01-37	329	0.51	4.34	0.47	2.03	4979	14657	87187
S-R-01-38	506	0.31	2.65	0.42	2.1	18962	53729	107597
S-R-01-39	566	0.3	2.88	0.43	2	9689	27737	67407

S-R-01-40	628	0.27	3.33	0.45	2.29	25238	73212	246331
S-R-01-41	654	0.26	3.11	0.44	2.04	10637	30687	88950

Sondaj çalışmalarından elde edilen T.E.B. dayanımı değerleri ise Tablo 4.3. de verilmiştir.

Tablo 4.3. Sondaj çalışmalarından elde edilen T.E.B. dayanımı değerleri

Kuyu No	Ağız Kotu	X Koordinatı	Y Koordinatı	Derinlik	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
SK-2-1	88,30	4572389,01	392623,39	18,20-18,50	430,91
SK-2-1	88,30	4572389,01	392623,39	23,00-23,50	134,00
SK-2-1	88,30	4572389,01	392623,39	24,30-24,60	141,37
SK-2-2	86,65	4572388,97	392723,39	16,50-17,00	44,42
SK-2-2	86,65	4572388,97	392723,39	16,50-17,00	51,00
SK-2-2	86,65	4572388,97	392723,39	26,10-26,40	25,44
SK-2-3	96,40	4572289,01	392623,35	8,50-9,00	21,00
SK-2-3	96,40	4572289,01	392623,35	13,50-14,00	9,75
SK-2-3	96,40	4572289,01	392623,35	21,00-21,50	15,07
SK-2-4	88,00	4572288,97	392723,35	2,50-3,00	13,70
SK-2-4	88,00	4572288,97	392723,35	18,50-19,00	225,51
SK-2-5	97,20	4572189,01	392623,31	4,00-4,10	13,00
SK-2-5	97,20	4572189,01	392623,31	24,10-24,40	219,88
SK-2-5	97,20	4572189,01	392623,31	40,60-40,80	148,25
SK-2-5	97,20	4572189,01	392623,31	40,60-40,80	199,00
SK-2-6	91,10	4572188,97	392723,31	14,50-15,00	26,08
SK-2-7	99,00	4572089,97	392623,27	17,50-17,90	75,26
SK-2-7	99,00	4572089,97	392623,27	45,00-45,50	48,19
SK-2-8	108,48	4572089,01	392723,02	17,50-18,00	28,95
SK-2-8	108,48	4572089,01	392723,02	31,40-31,80	29,51
SK-2-8	108,48	4572089,01	392723,02	37,60-38,00	29,39
SK-2-8	108,48	4572089,01	392723,02	41,40-41,80	24,24
SK-2-9	83,19	4571988,97	392623,06	2,00-2,30	25,88
SK-2-9	83,19	4571988,97	392623,06	6,30-6,70	32,12
SK-2-9	83,19	4571988,97	392623,06	12,00-12,30	174,71
SK-2-9	83,19	4571988,97	392623,06	17,60-18,00	24,38
SK-2-9	83,19	4571988,97	392623,06	23,50-23,80	197,67
SK-2-10	124,50	4571988,97	392723,23	15,00-15,25	25,89

Tablo 4.3. Devamı - Sondaj çalışmalarından elde edilen T.E.B. dayanımı değerleri

Kuyu No	Ağız Kotu	X Koordinatı	Y Koordinatı	Derinlik (m)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
SK-2-11	115,92	4571888,97	392623,10	27,30-27,60	25,53
SK-2-11	115,92	4571888,97	392623,10	34,00-34,50	30,69
SK-2-11	115,92	4571888,97	392623,10	39,50-40,00	31,36
SK-2-11	115,92	4571888,97	392623,10	45,50-45,90	30,35
SK-2-11	115,92	4571888,97	392623,10	52,50-53,00	20,31
SK-2-12	124,00	4571888,97	392723,19	24,10-24,30	167,17
SK-2-12	124,00	4571888,97	392723,19	46,70-46,90	186,51
SK-2-12	124,00	4571888,97	392723,19	62,10-62,40	125,53
SK-2-13	117,00	4571789,01	392623,15	17,70-18,00	136,30
SK-2-13	117,00	4571789,01	392623,15	25,50-25,70	16,17
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	18,40-18,60	33,47
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	25,00-25,40	35,69
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	30,00-30,40	201,41
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	36,60-37,00	228,22
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	42,80-43,20	363,94
SK-2-14	118,37	4571789,01	392723,14	55,00-55,30	255,45
SK-2-16	81,22	4572489,01	392722,90	4,00-4,48	158,67
SK-2-16	81,22	4572489,01	392722,90	6,70-7,00	261,56
SK-2-16	81,22	4572489,01	392722,90	14,10-14,60	283,67
SK-2-16	81,22	4572489,01	392722,90	18,50-19,00	143,79
SK-2-16	81,22	4572489,01	392722,90	22,00-22,50	195,91
SK-2-18	88,28	4572589,01	392722,90	22,60-22,90	22,62
SK-2-18	88,28	4572589,01	392722,90	29,00-29,60	19,62
SK-2-20	91,16	4572689,01	392722,90	22,10-22,50	20,93
SK-2-20	91,16	4572689,01	392722,90	25,70-26,10	23,59
SK-2-25	80,25	4572688,97	392577,58	9,20-9,40	289,67
SK-2-25	80,25	4572688,97	392577,58	9,75-10,00	112,00
SK-2-25	80,25	4572688,97	392577,58	14,00-14,30	403,45

Tablo 4.3. Devamı - Sondaj çalışmalarından elde edilen T.E.B. dayanımı değerleri

Kuyu No	X Koordinatı	Y Koordinatı	Ağız Kotu	Derinlik (m)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
SK-2-25	4572688,97	392577,58	80,25	21,80-22,20	262,74
SK-2-26	4572588,97	392577,58	80,53	15,50-15,90	30,11
SK-2-26	4572588,97	392577,58	80,53	19,50-19,80	27,49
SK-2-26	4572588,97	392577,58	80,53	22,25-22,50	24,56
SK-2-27	4572509,13	392577,58	80,08	5,00-5,40	151,00
SK-2-27	4572509,13	392577,58	80,08	4,60-5,00	253,27
SK-2-27	4572509,13	392577,58	80,08	10,50-10,80	295,01
SK-2-27	4572509,13	392577,58	80,08	17,50-18,00	247,77
SK-2-27	4572509,13	392577,58	80,08	23,00-23,40	331,28
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	3,70-4,00	31,03
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	6,70-7,00	45,06
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	11,60-12,00	189,77
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	17,50-18,00	37,08
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	26,00-26,40	31,46
SK-2-28	4572045,55	392581,31	83,90	34,00-34,50	31,39
SK 1-31	4573331,34	392750,71	81,60	11,00-11,30	31,82
SK 1-31	4573331,34	392750,71	81,60	17,30-17,50	466,81
SK 1-31	4573331,34	392750,71	81,60	28,00-28,20	441,07
SK 1-32	4573331,35	392850,82	85,46	16,80-17,30	25,88
SK 1-32	4573331,35	392850,82	85,46	27,40-27,80	247,20
SK 1-32	4573331,35	392850,82	85,46	36,00-36,50	350,34
SK 1-32	4573331,35	392850,82	85,46	47,20-47,60	338,93
SK 1-74	4573212,26	392813,49	83,10	6,20-6,40	200,51
SK 1-74	4573212,26	392813,49	83,10	10,20-10,60	28,84
SK 1-74	4573212,26	392813,49	83,10	14,60-15,00	370,05
SK 1-74	4573212,26	392813,49	83,10	20,20-20,40	338,43
SK 1-74	4573212,26	392813,49	83,10	27,10-27,50	337,29

4.6.2. İncelemede Kullanılan Titreşim Değerleri ve Atımlara Ait Parametreler

İnceleme kapsamında, söz konusu bölgede gerçekleştirilen titreşim ölçüm çalışmalarına ait; maksimum parçacık hızı (PPV), toplam patlayıcı madde miktarı, gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı ve atım ile ölçüm noktası arasındaki dikey mesafeler kullanılmıştır. Elde edilen değerler EK-A'da verilmiştir.

4.6.3. Yapay Sinir Ağı Modeli

Patlatmalı kazılar esnasında ortaya iki tür enerji çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, kaya kırılmada kullanılan verimli enerji, diğeri ise, kaya ortamında titreşim, hava şoku ve ısı olarak ortaya çıkan kayıp enerjidir. Kayıp enerji olarak adlandırılan titreşim ise, patlatma kaynaklı çevresel sorunlardan en dikkat çeken türdür. Yapısal hasarların önlenmesi açısından, özellikle titreşimin tahmin edilebilirliği oldukça önemlidir.

Tez kapsamında çalışılan bölgeye ait kaya mekanik özellikleri ile patlatma esnasında kayıt edilen titreşim verileri ve atıma ait patern parametreleri derlenmiştir. Çalışma kapsamında, toplanan bu verilerin, oluşan titreşim verilerine olan etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tüm atımlardan ve atım yapılan noktalardan ortak değişken olarak elde edilen 13 farklı parametre vardır. Elde edilen tüm parametreler Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Çalışma kapsamında toparlanan değişkenler (parametreler)

Parametre	Tür
Ortalama V_s hızı ($V_{s(30)}$)	Girdi
Zemin hakim titreşim periyodu (T_0)	Girdi
Sıklık oranı (V_p/V_s)	Girdi
Poisson Oranı	Girdi
Yoğunluk	Girdi
Shear Modülü	Girdi
Elastisite Modülü	Girdi
Bulk Modülü	Girdi
Tek Eksenli Basma (T.E.B.)	Girdi
Atım noktası ile ölçüm noktası arasındaki dikey mesafeler	Girdi
Toplam patlayıcı madde miktarı	Girdi
Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı	Girdi
<i>Maksimum parçacık hızı (PPV)</i>	<i>Çıktı</i>

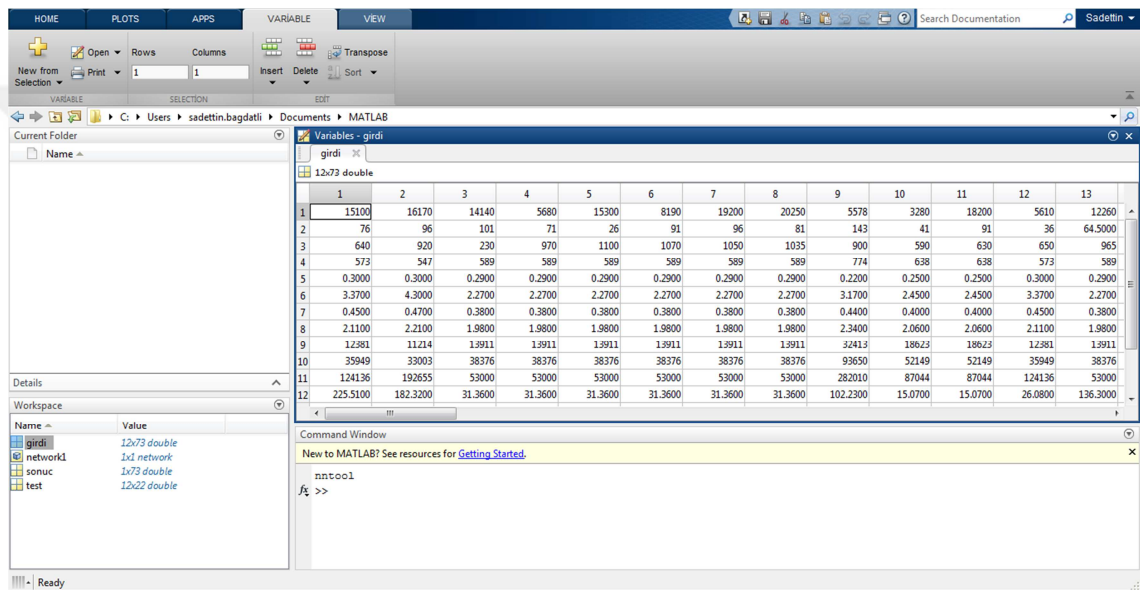
Yukarıda verilen parametrelerden Maksimum parçacık hızı (PPV), yani ölçülen titreşim değeri diğer parametrelere bağımlı olarak değişmektedir. Diğer parametreler ise bağımsız olarak kaya ve patlatma paternine göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle 12 farklı parametre kullanılarak, titreşim değeri, maksimum parçacık hızı tahmini yapılması amaçlanmıştır.

Tahmin modelini oluşturmak amacıyla, yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Yapay sinir ağının uygulanmasında MATLAB yazılımına ait “neural network” modülleri kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarından elde edilen 95 adet titreşim verisi; ağı eğitilmesi için 73 adet ve test verisi olarak ise 22 adet olmak üzere ayrılmıştır. Eğitim verileri ATC kulinin güneyinde yer alan bölgedeki atımlardan, test verileri ise ATC kulinin kuzeyinde

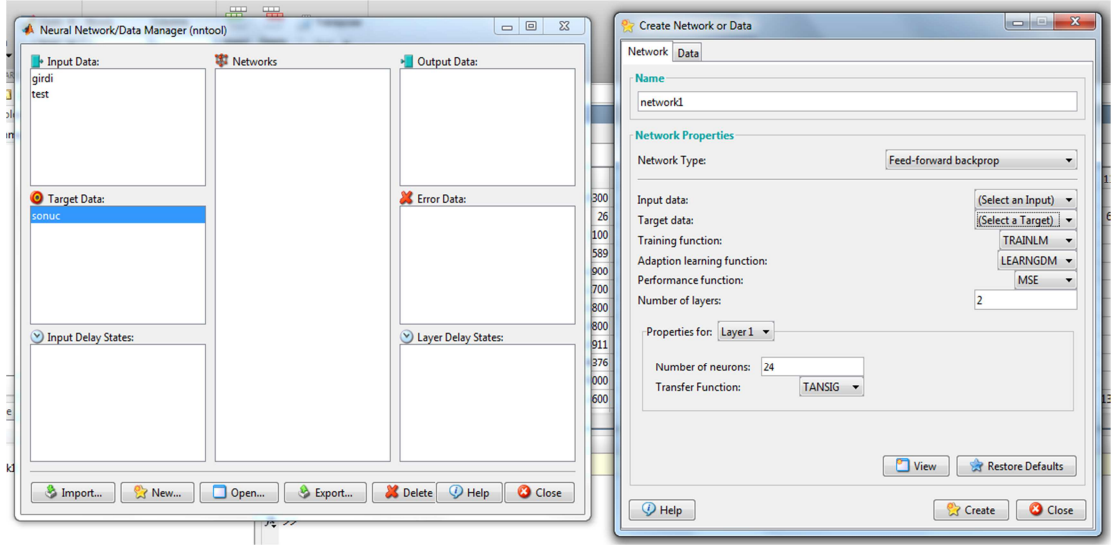
gerçekleştirilen atımlardan tercih edilmiştir. Bunun bir amacı da, benzer özellikli kaya birimleri için ağı tahmin başarısını görmektir.

Ağın eğitilmesi için hazırlanan veriler; 12 değişkenli girdi parametreleri (bağımsız değişkenler) ve 1 değişkenli çıktı parametresi (bağımlı değişken) olarak MATLAB yazılımının çalışma alanına girilmiştir. Ayrıca, test için ayrılan 22 adet veriye ait 12 değişkenli girdi verileri de test parametreleri olarak MATLAB'a girilmiştir. Test verilerinde çıktı parametresi (bağımlı değişken) girilmemiştir (Şekil 4.13.).



Şekil 4.13. MATLAB çalışma alanına verilerin girilmesi

Veri girişleri tamamlandıktan sonra, ağın oluşturulmaya başlaması için “neural network” modülü çalıştırılmıştır. Modüle, MATLAB çalışma alanına girilen veriler aktarılmıştır. Girdi ve test verileri giriş (input) verisi olarak, çıktı verileri ise hedef (target) verisi olarak içe aktarılmıştır. Bir sonraki adımda yeni ağ oluşturulması aşamasına geçilmiştir (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Verilerin modüle aktarılması ve ağı oluşturulması

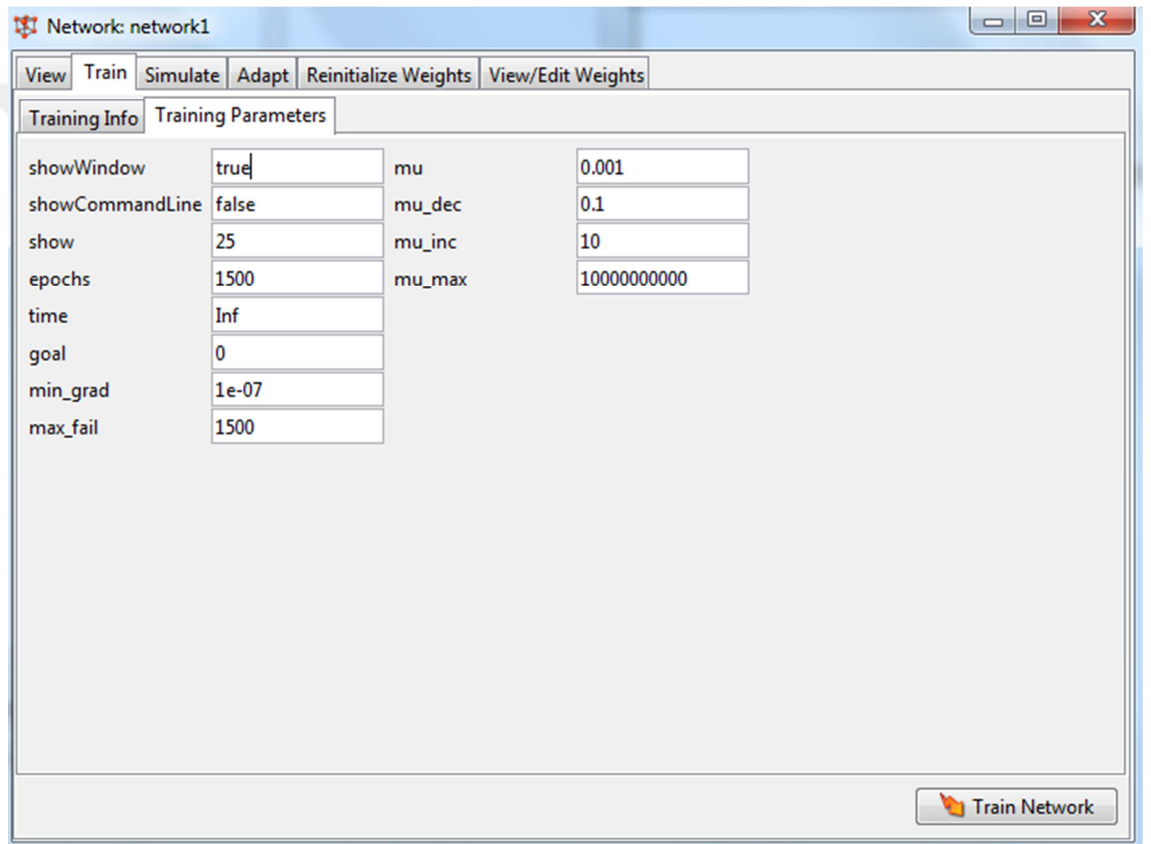
Oluşturulacak ağı, bu tür mühendislik işlerinde türetilmeye çalışılan tahmin modellerinde sıklıkla kullanılan geri yayımlımlı ileri beslemeli yapay sinir ağı modeli kurulması planlanmıştır. Eğitim fonksiyonu için, lineer olmayan değişkenler için sıklıkla tercih edilen Levenberg – Marquardt eğitim fonksiyonu kullanılmıştır. Öğrenme fonksiyonu olarak ivmeli azalan gradyan, performans fonksiyonu olarak ise ortalama karekök hata fonksiyonu kullanılmıştır. Tercih edilen fonksiyonlar ve metotlar, literatürden edinilen bilgiler ışığında yada deneme yanılma metoduyla, ağı en ideal çalıştığı özelliklere göre seçilmiştir. Ağa ait diğer parametreler ise Tablo 4.5.’te verilmiştir.

Tablo 4.5. Oluşturulan YSA’na ait fonksiyonlar

Ağ tipi	Geri yayımlımlı ileri beslemeli ağ
Eğitim Fonksiyonu	Levenberg-Marquardt
Öğrenme Fonksiyonu	İvmeli azalan gradyan
Performans Fonksiyonu	Ortalama karekök hata
Katman Sayısı	2
Nöron Sayısı	24
Transfer Fonksiyonu	Tanjant Sigmoid Fonksiyonu

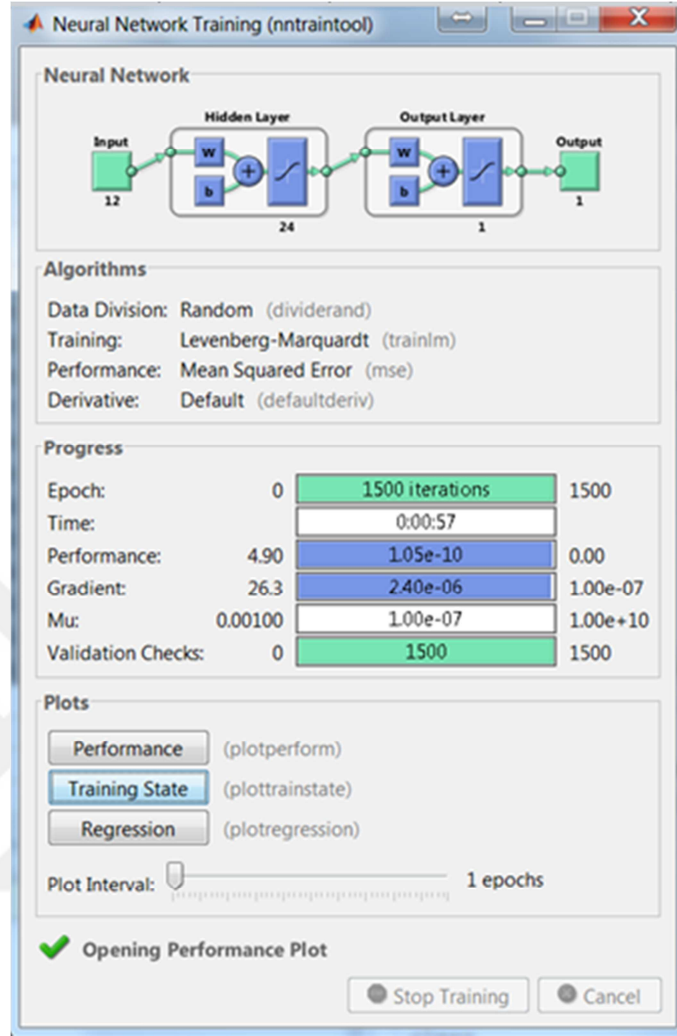
Uygulamada, kullanılan nöron sayısı, iterasyon sayısı ve transfer fonksiyonu seçimleri, deneme yanılma yöntemiyle, ağın performansının sonuçlarına göre belirlenmiştir. En ideal sonuçlar, 24 adet gizli nöron ve Tanjant Sigmoid transfer fonksiyonu kullanılarak elde edilmiştir. Böylelikle ağın eğitilmesi aşamasına geçilmiştir.

Girdi ve sonuç verileri kullanılarak ağın eğitilmesi amaçlanmıştır. Ağın eğitilmesi aşamasında belirlenen parametreler Şekil 4.15.'da belirtilmiştir.



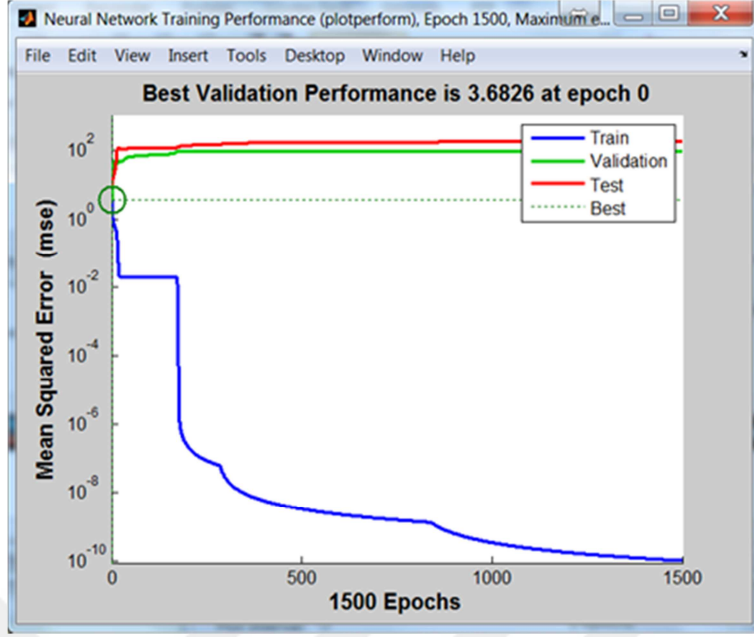
Şekil 4.15. Ağın eğitim parametreleri

Ağın eğitilmesi için, yine deneme yöntemi ile optimum başarı veren 1500 iterasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.16.). Ağın eğitimi esansında, başlangıç ayarı olarak, girdi ve sonuç verilerinin %70'ini ağın eğitilmesi, %15'ini doğrulama, %15'ni ise test amaçlı olarak kullanmaktadır. Burada belirtilen test verileri, başlangıçta ayrılmış olan 22 adet test verisinden ayrı olarak, 73 adet girdi-sonuç verilerinin içerisinde rastgele program tarafından seçilmektedir.

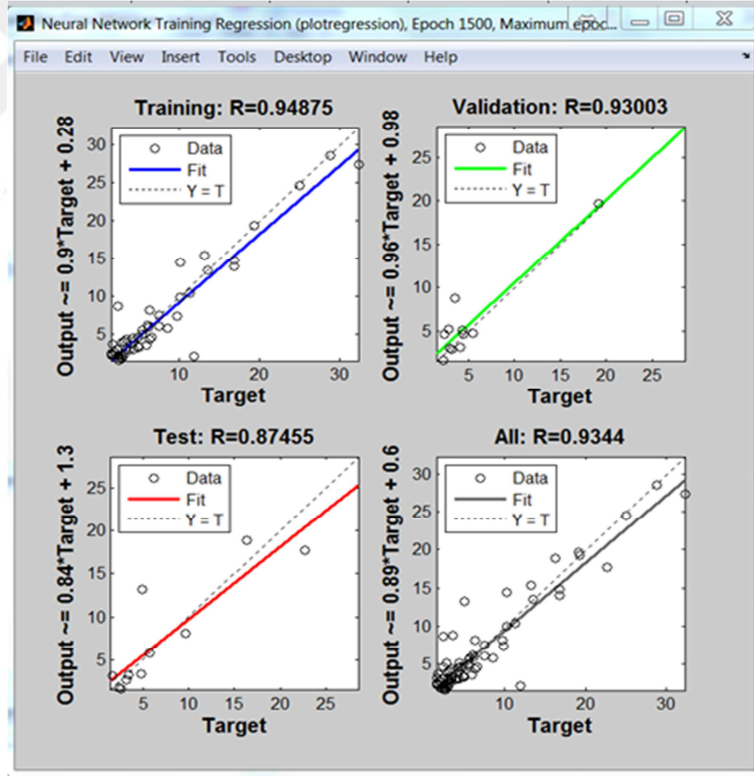


Şekil 4.16. Oluşturulan ağın eğitilmesi

Ağın eğitilmesi, sonuç verilerine bağlı olarak birçok kez tekrarlanarak gerçekleştirilmektedir. Ağ eğitimine bağlı olarak elde edilen ağ performansı ve regresyon eğrileri, ağın başarı seviyesini göstermektedir (Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.).



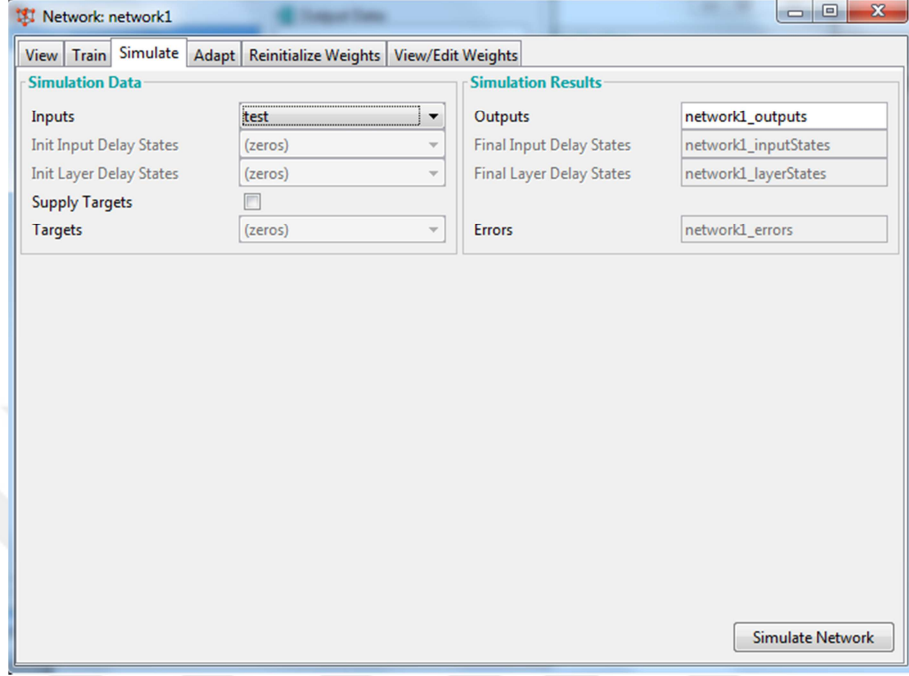
Şekil 4.17. Ağın performans grafiği



Şekil 4.18. Ağın regresyon grafikleri

Oluşturulan ağların eğitiminde, birçok deneme sonucunda Şekil 4.18. de görüleceği üzere; ağ eğitiminde %94.8, doğrulamada %93, testte %87.4 ve genel olarak %93.4 başarıya sahip ağ modeli oluşturulmuştur.

Oluşturulan ağın doğruluğunu test etme amaçlı olarak başlangıçta ayrılmış olan 22 adet test girdisi ağ üzerinde simüle edilmiştir (Şekil 4.19.).



Şekil 4.19. Test verilerinin ağ üzerinde simülasyonu

Test verilerinin simüle edilmesi sonucunda, ağ tarafından tahmin edilen sonuçlar ile, arazi çalışmaları esnasında elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırılarak Tablo 4.6. da verilmiştir.

Tablo 4.6. YSA ile elde edilen PPV tahminlerinin gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması

Tahmin edilen PPV değeri (mm/sn)	Ölçülen edilen PPV değeri (mm/sn)	Tahmin edilen PPV değeri (mm/sn)	Ölçülen edilen PPV değeri (mm/sn)
<u>3.1488</u>	<u>1.65</u>	3.3472	4.83
<u>8.6998</u>	<u>2.41</u>	3.2497	5.05
2.2027	2.41	5.495	5.46
1.5204	2.54	5.0507	5.46
2.9664	2.92	4.6932	5.46
1.8714	2.92	7.3536	9.78
2.9464	3.17	15.4024	13.2
2.7231	3.17	14.7854	16.8
2.9572	3.81	19.6784	19.2
5.0728	4.32	28.538	28.8
4.0908	4.32	<u>27.3782</u>	<u>32.3</u>

Tablo 4.6. verilen değerlere bakıldığında birkaç veri haricinde tahmin-ölçüm değerlerinin birbirine yakın değerler olduğu görölmektedir. Bu durum oluşturulan ağın başarılı bir performans sergilediğini göstermektedir.

Oluşturulan 2 katmanlı, 24 gizli nöronlu ağın eğitilmesi sonucu, nöronların ağırlıklandırılmaları, yani tahmin modeline olan etki katsayıları Tablo 4.7. de verilmiştir.

Tablo 4.7. Gizli katmanda yer alan nöronların ağırlıkları

-0.087652	-0.67006	-0.86593	-0.66763	0.14459	-0.0645	0.10985	1.863
-1.0213	0.87812	1.8968	-1.1017	-0.11328	-1.3723	0.42843	-0.74636
-0.29754	0.26566	-1.0653	-1.0084	-1.4095	0.22543	0.39141	1.1501

V. SONUÇLAR

Tez kapsamında İstanbul Yeni Havalimanı Projesi (İGA) kapsamında İstanbul İli, Arnavutköy İlçesinde, Karadeniz kıyısındaki Tayakadın ve Akpınar Köylerinin arasında kalan yaklaşık 76.5 milyon m² alan üzerine inşa edilmekte olan havalanı projesinde gerçekleştirilen patlatmalı kazı çalışmaları takip edilmiştir. Çalışmada, yoğun patlatmalı kazı faaliyetleri yürütülen, THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının yer aldığı bölgenin kaya özellikleri ile patlatma kaynaklı oluşan titreşim yayılımı ilişkilendirilmiştir.

Bu amaçla, THY Kargo Tesisleri ve THY Uçak Bakım Onarım Hangarlarının bulunduğu bölgede gerçekleştirilen zemin etüt çalışmalarından elde edilen jeofizik test ve sondaj numuneleri üzerinden gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

İnceleme sahasının tamamında, ortak olarak hesaplanmış parametreler değerlendirilmeye alınmıştır. Bu parametreler; zemin ortalama V_s hızı ($V_{s(30)}$), zemin hakim titreşim periyodu (T_0), Sıklık oranı (V_p/V_s), Poisson Oranı, Yoğunluk, Shear Modülü, Elastisite Modülü, Bulk Modülü ve Tek Eksenli Basma (T.E.B.) dayanımı olarak belirlenmiştir.

Kayanın mekanik özellikleri haricinde, patlatmalı kazı çalışmaları esnasında kullanılan patlatma paternleri ve yapılan titreşim ölçümlerine ait parametreler derlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda; maksimum parçacık hızı (PPV), toplam patlayıcı

madde miktarı, gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı ve atım ile ölçüm noktası arasındaki dikey mesafeler değerlendirmeye alınmıştır.

Arazi çalışmalarından elde edilen 95 adet titreşim verisi; ağın eğitilmesi için 73 adet ve test verisi olarak ise 22 adet olmak üzere ayrılmıştır. Eğitim verileri ATC kulenin güneyinde yer alan bölgedeki atımlardan, test verileri ise ATC kulenin kuzeyinde gerçekleştirilen atımlardan tercih edilmiştir. Bunun bir amacı da, benzer özellikli kaya birimleri için ağın tahmin başarısını görmektir.

Elde edilen 13 parametrenin 12'si bağımsız değişken, 1 tanesi ise bağımlı değişken olarak belirlenerek yapay sinir ağı oluşturulmuştur. Detayları 4.bölümde anlatılan, toplamda %93.4'lük korelasyona sahip ağ ile yapılan tahminlerin, araziden elde edilen kayıtlar ile, genel itibariyle uyumluluk gösterdiği anlaşılmıştır. Bu sonuçlar, YSA metodunun, özellikle birçok bağımsız parametrenin olduğu, patlatma kaynaklı titreşim tahmini çalışmalarında kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Patlatma kaynaklı titreşim tahmini amaçlı olarak, son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanan YSA yönteminin; diğer istatistik metotlara göre, uygulama pratikliği açısından ve özellikle istatistiksel analiz konusuna hakim olunmasa dahi temel analizleri yapma açısından sağladığı kolaylıklar değerlendirildiğinde araştırmacılar için faydalı bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

VI. KAYNAKLAR

ONLINE KAYNAKLAR

1) Tek Eksenli Deneyi (Serbest Basınç Deneyi)

<https://jeolojimuhendisleri.net/tek-eksenli-deneyi-serbest-basinc-deneyi/>

BASILI KAYNAKLAR

- **ALPAYDIN, E., ALPSAR, M., ELMACI, E., HALICILAR, G., İNAL, H.S., İŞÇEN, H.İ., PATIR, O. ve ÖZKAZANÇ, M.O.,** (2003). Patlayıcı Maddeler ve Patlatma Teknikleri, Nitromak, Ankara.
- **ALVAREZ-VIGIL, A.E., GONZALEZ-NİCIEZA, C., GAYARRE LOPEZ, F., ALVAREZ-FERNANDEZ, M.I.,** (2010). Predicting Blasting Propagation Velocity and Vibration Frequency Using Artificial Neural Network, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 55, 108-116.
- **ANONİM,** (1986). Handbook of Explosives and Rock Blasting, Atlas Powder Company, Texas-USA.
- **ARPAZ, E.,** (2000). Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Etkilerinin Araştırılması, (Doktora Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- **BEER, H. & WRIGHT, J.A.** (1960) : Stratigraphy of the Ganosdag, Korudağ, Keşan Hills. District T (Thrace), internal Report. Deülmann-N.V.T. Shell, Petrol Dairesi, no. G.R.T. 26/T. 31, Ankara.
- **BİLGİN, H.A.,** (1986). Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı, TKİ Genel Müdürlüğü Yayın, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Seminerleri, Seminer No: 2, Ankara.
- **BİLGİN, H.A., PAŞAMEHMETOĞLU, A.G.,** (1993). Optimum Burden Determination and Fragmentation Evaluation by Full Scale Slab Blasting, 4th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Vienna-Austria.
- **BOER, N.P.** (1954) : Report on geological reconnaissance in Turkish Thrace. G.A. Report no. 25373, The Hague, February, 1954. Petrol Dairesi.

- **BOWLES, J. E.**, (1996). Foundation Analysis and Design, 5th ed., The McGraw-Hill Companies, Inc.
- **CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A.**, (1993). Delme-Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği ile İlgisi, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, 127-138.
- **CHENG, G., HUANG, S.L.**, (2001). Analysis of Ground Vibrations Caused By Open Pit Production Blasts-A Case Study Fragblast, International Journal of Blasting and Fragmentation, 5, 91-107.
- **ÇAĞLAYAN, M.A. VE YURTSEVEN, A.**, (1998). Türkiye Jeoloji Haritaları (1:100000 ölçekli), (No: 20, 21, 22, 23), M.T.A Enstitüsü, Ankara
- **ÇETİN, F.**, 2003, Yapay Sinir Ağlarıyla Rüzgar Şiddeti Tahmini. İstanbul: İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- **DICK, R.A.**, Fletcher, L.R., D'Andrea, D.V. (1983). Explosives and Blasting Procedures Manual, USBM IC 8560, USA, 44 p.
- **HAGAN, T.N.**, (1973). Rock Breakage by Explosives, Int. Proceedings of the National Symposium on Rock Fragmentation, Adelaide, pp: 1-17.
- **HİNO, K. (1956).**, Fragmentation of Rock Through Blasting, J. Ind. Explosive Soc.,17(1), 1-11.
- **HOEK, E., BRAY, J.W.**, (1991). Kaya Şev Stabilitesi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Çevirenler: Paşamehmetoğlu A.G., Özgenoğlu A., Karpuz C., Ankara
- **HOLMES, A.N.**, (1961), Stratigraphy reviewv of Thrace, TPAO Rap. no: 368, (yayımlanmamış)
- **JİMENO, C.L., JİMENO, E.L., CARCEDO, F.J.A.**, (1995). Drilling and Blasting of Rocks, A.A. Balkema Publishers, Brookfield-Rotterdam, 390 p.
- **KAHRİMAN, A.**, (2003). Patlatma Mühendisliği Ders Notları, İ.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- **KAHRAMAN, S.**, (1997). Açık İşletmelerde Uygun Delme-Patlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Geliştirilmesi, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

- **KAMALI, M., ATAEİ, M.,** (2010). Prediction of Blast Induced Ground Vibrations in Karoun III Power Plant and Dam: A Neural Network, the Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 110, 481-490.
- **KESKİN C.** (1974). Kuzey. Ergene havzasının stratigrafisi: Türkiye II. Petrol Kong. (Tebliğler), 137-163, Ankara.
- **KHANDELWAL, M., SİNGH, T.N.,** (2006). Prediction of Blast Induced Ground Vibrations and Frequency in Opencast Mine: A Neural Network Approach, Journal of Sound and Vibration, 289, 711-725.
- **KHANDELWAL, M., SİNGH, T.N.,** (2009). Prediction of Blast-Induced Ground Vibration Using Artificial Neural Network, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 46, 1214-1222
- **KONYA, J.A., WALTER, E.J.,** (1990). Surface Blast Design, New Jersey, 292 p.
- **MCKENZİE, C.,** (1990). Quarry Blast Monitoring Technical and Environmental Perspective, Quarry Manag., 23-9.
- **MOHAMED, M.T.,** (2009). Artificial Neural Network for Prediction and Control of Blasting Vibrations in Assiut (Egypt) Limestone Quarry, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 46, 426-431.
- **MONJEZİ, M., AMİRİ, H., FARROKHİ, A., GOSHTASBİ, K.,** (2010). Prediction of Rock Fragmentation Due to Blasting in Sarcheshmeh Copper Mine Using Artificial Neural Networks, Geotechnical and Geological Engineering, 28, 423-430
- **NAAPURI, J.,** (1988). Surface Drilling and Blasting, Tamrock, Finland, 473s
- **OLOFSSON, S.O.** (1988). Applied Explosives Technology for Construction and Mining, Sweden.
- **OLOFSSON, S.O.** (2002). Blaster's Manual, Saudi Chemical CO.
- **ORİCA NİTRO,** Patlayıcı Maddeler Ticaret ve Sanayi A.Ş.
- **ÖZAYDIN, K.,** (1999). Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- **ÖZGÜL, N., ve Diğ.,** 2005. İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Projesi, İstanbul, 79s.
- **SAYAR, C.,** (1977), İstanbul yeni İskan Yörelere Jeoteknik ve sismik Etüdü: Basılmamış rapor, Cilt 1, Büyükçekmece-Küçükçekmece göller arası yöre: Boğaziçi Üniv. Deprem Müh. Araştırma Enst. Raporu, İstanbul.

- **SİNGH, S.P.**, (1993). Prediction and Determination of Explosive Induced Damage, 4th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Vienna-Austria.
- **TAMROCK**, (1984). Handbook of Surface Drilling and Blasting, Finland.
- **TOPAL, T.**, (2000), “Nokta Yükleme Deneyi ile İlgili Uygulamada Karşılaşılan Problemler” Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 24 (1), 73-86s.
- **UMUT, M., İMİK, M., KURT, Z., ÖZCAN, İ. ATEŞ, M., KARABIYIKOĞLU M. VE SARAÇ, G.**, (1984), Edirne İli-Kırklareli İli-Lüleburgaz (Kırklareli İli) - Uzunköprü (Edirne İli) civarının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, teknik rapor no: 7604, 42 s, (yayımlanmamış).
- **ÜNAL, O.**, (1967), 1. Bölge (Marmara) Trakya Jeolojisi ve Petrol imkanları: TPAO Arama Gr. Araş. No. 391.
- **YILMAZ, P.**, (2010). Basamak Ayna Profilinin Patlatma Performansına Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ü., İstanbul.

VII. ÖZGEÇMİŞ

Ali Emir Çiftçi 1988 yılında İstanbulda'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Özel Eyüboğlu Kolejinde tamamlamıştır. 2011 yılında İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olmuş ve 2014 yılında Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Patlayıcı Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Askerlik görevini Türk Silahlı Kuvvetlerinde İstihkam Asteğmen olarak 2013 yılında tamamlamıştır. İngilizce, Rusça ve İspanyolca bilmektedir.